



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

TESE

**DESENVOLVIMENTO DE FILMES E RECOBRIMENTOS MULTIFUNCIONAIS A
PARTIR DE FONTES DE AMIDO E SEU IMPACTO NA FISIOLOGIA E
CONSERVAÇÃO PÓS-COLHEITA DE FRUTOS**

GEORGE HENRIQUE CAMÊLO GUIMARÃES

AREIA – PB

2018



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA



**DESENVOLVIMENTO DE FILMES E RECOBRIMENTOS MULTIFUNCIONAIS A
PARTIR DE FONTES DE AMIDO E SEU IMPACTO NA FISIOLOGIA E
CONSERVAÇÃO PÓS-COLHEITA DE FRUTOS**

GEORGE HENRIQUE CAMÊLO GUIMARÃES

Professora Silvanda de Melo Silva, PhD

Orientadora

Tese de Doutorado submetida para obtenção do título de **Doutor em Agronomia**, no Programa de Pós-graduação em Agronomia do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Paraíba.

Areia - PB

Agosto de 2018

UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

CERTIFICAÇÃO DE APROVAÇÃO

**TITULO: DESENVOLVIMENTO DE FILMES E RECOBRIMENTOS
MULTIFUNCIONAIS A PARTIR DE FONTES DE AMIDO E SEU IMPACTO NA
FISIOLOGIA E CONSERVAÇÃO PÓS-COLHEITA DE FRUTOS**

Autor: George Henrique Camêlo Guimarães

Aprovado em 31 de Agosto de 2018 como parte das exigências para obtenção do título de
Doutor em Agronomia (Agricultura Tropical) pela Comissão Examinadora:

Silvanda de Melo Silva.
Silvanda de Melo Silva, PhD

PPGAgro/CCA/UFPB, Orientador – Presidente

Maria Auxiliadora Coelho de Lima
Maria Auxiliadora Coelho de Lima, D. Sc.

EMBRAPA Semiárido, Examinador interno

Randolph M. Beaudry
Randolph M. Beaudry, PhD

Department of Horticulture/MSU/EUA, Examinador externo

Dayse das Neves Moreira
Dayse das Neves Moreira, D.Sc.

DQF/CCA/UFPB, Examinador externo

**Catalogação na publicação
Seção de Catalogação e Classificação**

G963d Guimaraes, George Henrique Camelo.
Desenvolvimento De Filmes E Recobrimentos
Multifuncionais A Partir De Fontes De Amido E Seu
Impacto Na Fisiologia E Conservação Pós-Colheita De
Frutos / George Henrique Camelo Guimaraes. - Areia,
2018.
115 f. : il.

Orientação: Silvanda de Melo Silva.
Tese (Doutorado) - UFPB/CCA.

1. Agronomia. 2. Fisiologia vegetal. 3. Fruticultura.
4. Tecnologia pós-colheita. I. Silva, Silvanda de Melo.
II. Título.

UFPB/CCA-AREIA

Quando pensamos em uma tese, logo nos vem na cabeça algo novo e que requer experimentação, com isso vem a necessidade de mensurar as coisas. Mas ‘*Precisamos medir o que leva ao resultado, não apenas medir o que é fácil de medir*’ (Charles Koch). Isso porque ‘*você precisa aprender a fazer as perguntas que levarão às respostas mais variadas, não as que você quer ouvir*’ (Jacqueline Mars). Por esta razão o percurso se tornou tão árduo, mas, ‘*agradeço todas as dificuldades que encontrei se não fosse por elas, eu não teria saído do lugar. As facilidades nos impedem de caminhar. Mesmo as críticas, nos auxiliam muito*’ (Chico Xavier). Em muitos momentos me vi ‘*prostrado mediante a incapacidade, respiro fundo pois ninguém recebe uma carga maior que seus ombros não possam carregar*’ (Cassia Guimarães). ‘*Todo mundo é capaz de dominar uma dor, exceto quem a sente*’ (William Shakespeare).

Por isso ‘*Eu admiro aqueles que conseguem sorrir com os problemas, reunir forças na angústia, e ganhar coragem na reflexão*’ (Thomas Paine). Porque ‘*Se você nunca falhou, você nunca tentou algo novo*’ (Albert Einstein) e ao passar por todas as experiências ruins e dolorosas, tenho que pensar que: ‘*Eu nunca perco. Ou eu ganho, ou aprendo!*’ (Nelson Mandela). Sempre devemos seguir em frente. ‘*Se não puder voar, corra. Se não puder correr, ande. Se não puder andar, rasteje, mas continue em frente de qualquer jeito*’ (Martin Luther King Jr.) e um dia irei ‘*Ser feliz sem motivo, que é a mais autêntica forma de felicidade*’ (Carlos Drummond de Andrade).

Pensando sempre que ‘*O tempo é realmente aquele orientador incansável que ensina a cada um de nós, hoje, amanhã e sempre que ninguém pode realmente brincar de viver*’ (André Luiz). E assim seguir, tentando ver que o bom da vida é encontrar pessoas que nos deem exemplo de vida, pois o ‘*verdadeiro professor defende os seus alunos contra a sua própria influência*’ (Amos Alcott). Porque assim, as palavras tomam vida e não são simplesmente palavras. ‘*Feliz aquele que transfere o que sabe e aprende o que ensina*’ (Cora Coralina).

A todos os estudantes que por diversos motivos não conseguiram finalizar um curso superior, mestrado ou doutorado. Diversos são os motivos que devem ter levado a isto!

Aos meus pais, Ângela Maria Camêlo Guimarães e George Anízio Guimarães Soares,
minha irmã, Maíza Gabriela Camêlo Guimarães e minha esposa, Rosana Sousa da Silva
pelo amor que cultivamos!

Dedico!

Deus, que conhece todos nossos medos, angustias e sentimentos mais profundos. Único responsável por acalmar a alma, dando a paz necessária para vencer.

Meus pais, George Anízio Guimarães Soares e Ângela Maria Camêlo Guimarães que sempre pensaram o melhor para mim, me amando incondicionalmente e me apoioando sempre.

A minha Irmã, Maiza Gabriela Camêlo Guimarães que sempre trás a sensatez e calma com as palavras.

A minha esposa, Rosana Sousa da Silva minha companheira de vida com quem compartilho pensamentos, sonhos, planos e amor.

Toda minha família Camêlo e Guimarães, por fazerem parte do meu íntimo.

À professora Silvanda de Melo Silva, por proporcionar possibilidade ao desenvolvimento da pesquisa, pela formação de profissionais e pelo aumento do senso crítico pessoal e profissional.

À banca examinadora, Dr. Randolph M. Beaudry, Dr^a. Maria Auxiliadora Coêlho de Lima e a professora Dr^a. Dayse das Neves Moreira. O meu respeito a trajetória de todos!

À Michigan State University, uma instituição única que proporcionou aprofundamento dos conhecimentos científicos.

Ao Departament of Horticulture, na figura do Dr. Randolph M. Beaudry, um exemplo de mente ativa e sempre questionadora.

A School of Packaging, no nome da Dra. Eva Almenar, uma pesquisadora com uma dedicação completa as atividades laborais, em especial a pesquisa.

Aos amigos que conheci representando este mundo, nos nomes de Rossella Briano (Itália), Benjamin Paskus e Patrick Abelli (USA), Zafar Iqbal (Paquistão), Wei Li (China), Diep tran e Linh Dao (Vietnã), Argus Rocha Neto (Brazil), Monna (Egito), Gauri Naphade (Índia), Nihad (Jordânia) e todos os demais que tive a honra de conhecer.

Ao Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Paraíba, berço da minha formação acadêmica.

Ao Programa de Pós-graduação em Agronomia.

À Capes, CNPq e Banco do Nordeste, pelo apoio financeiro.

À toda equipe do Laboratório de Biologia e Tecnologia Pós-Colheita. Em especial a Mariany Cruz, Ricardo Nascimento, Alex Sandro de Sousa, Cristiane Penna, Ana Dantas, Renato Dantas, Eduardo Santos, Tatiana Bulhões, Matheus Ayres, Bruno Silva, Thiane Rodrigues, Raylson Melo, Vanda Figueiredo, Renato Pereira, Francisco de Assys, Antonio Augusto, Antonio Fernando, Leonardo Santos, Valdenia Cardoso e Dona Rozani (sua dedicação é única), e demais membros da equipe que posso estar deixando de mencionar o nome,

mas tiveram importância durante esses mais de dez anos de LBTPC. Todos vocês foram especiais para mim! Os laços feitos vão além do contato profissional.

Ricardo, Mary, Alex, Pereira, Augustos/Antônios, Rosana, Casal Dantas e demais contemporâneos, fizemos parte de um grande tempo, construído fisicamente e intelectualmente através dos nossos esforços, que muitas vezes não são contabilizados em nossos ‘lattes’. Esses esforços nos deixaram fortes como equipe e isso se disseminou para nossas vidas pessoais. Muito obrigado por compartilharem partes das vidas!

Aos residentes da Casa Amarela, Robério de Oliveira, Dácio Almeida, Ricardo Nascimento, Alex Sandro, Altamiro, Elder Lira, Franciezer, Jackson, Marco Aurélio, Rommel, Victor, Vandeilson, Jardel e demais que passaram pela antiga ‘Casa Amarela’, nossa residencia.

A todos que diretamente ou indiretamente contribuíram para execução deste trabalho.

Muito Obrigado!

GUIMARÃES, G. H. C. Desenvolvimento De Filmes E Recobrimentos Multifuncionais A Partir De Fontes De Amido E Seu Impacto Na Fisiologia E Conservação Pós-Colheita De Frutos. Areia-PB, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Paraíba, Ago. 2018, 126p. Tese (Doutor em Agronomia). Programa de Pós-Graduação em Agronomia. Orientador: Profª. Silvanda de Melo Silva, Ph.D.

RESUMO

A utilização de filmes e recobrimentos biodegradáveis a base de fontes de amido vai além da conservação de produtos vegetais, pois os filmes e recobrimentos alteram a fisiologia destes produtos vegetais. Diante disto, os estudos devem ser direcionados para a avaliação das mudanças fisiológicas dos produtos recobertos ou embalados e aprofundar a discussão sobre as diversas fontes de amido que podem ser utilizados e quais as implicações tecnológicas para essa utilização. Assim, o objetivo deste trabalho foi desenvolver filmes e recobrimentos multifuncionais a partir de diferentes fontes de amido, bem como avaliar o impacto na fisiologia e conservação pós-colheita de frutos recobertos e embalados. Experimentos foram realizados para determinação das concentrações de amido, das diferentes fontes, concentração de glicerol e óleos essenciais. Os métodos e procedimentos para reparo dos filmes e recobrimentos foram ajustados para garantir a melhor espalhabilidade e aderência à superfície dos frutos, mas também para produzir filmes resistentes e com características adequadas que possibilitem a geração de atmosfera modificada. Os experimentos foram desenvolvidos referentes ao artigo intitulado “Modified atmosphere generation by biodegradable pouches of jackfruit seed- and yam-based starches for blueberry packaging” e “Jackfruit starch coating delays volatile release and maintains aroma of ‘Haden’ mango” foram desenvolvidos na Michigan State University no Postharvest laboratory do Departamento of horticulture e no Packaging Laboratory da School of Packaging e o experimento “Physiology and quality of ‘Tommy Atkins’ mangoes totally and partially coated with jackfruit seed starch associated with essential oils” foi desenvolvido no Laboratório de Biologia e Tecnologia Pós-colheita do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Paraíba. Estudos aprofundados sobre amidos não convencionais ainda são escassos. No presente trabalho, foi avaliado a utilização de amido de sementes de jaca para formulação de filmes biodegradáveis com características diferenciadas, bem como sua aplicação para formação de atmosfera modificada com potencialidade de utilização para produtos vegetais. Além da utilização de amido de sementes de jaca na forma de filmes, este amido também foi estudado na forma de recobrimentos. Como agentes modificadores da atmosfera de armazenamento e influenciando na liberação de voláteis, transpiração, taxa respiratória, e características sensoriais e físico-químicas.

Palavras-chave: Agronomia, fisiologia, fruticultura, tecnologia

GUIMARÃES, G. H. C. Desenvolvimento De Filmes E Recobrimentos Multifuncionais A Partir De Fontes De Amido E Seu Impacto Na Fisiologia E Conservação Pós-Colheita De Frutos. Areia-PB, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Paraíba, Ago. 2018, 126p. il. Thesis (Doctor in Agronomy). Advisor: Professor Silvanda de Melo Silva, Ph. D.

ABSTRACT

The use of biodegradable starch based films and recoveries goes beyond the conservation of plant products, as films and recoveries alter the physiology of these plant products. Given this, the studies should be directed to an evaluation of the physiological changes of the recovered or packaged products and deepen a discussion about several starch sources that can be used and what are the technological implications for this use. Thus, the objective of this work was to develop multifunctional films and recuperators from different starch sources, as well as to evaluate the impact on the physiology and postharvest conservation of recovered and packaged fruits. Experiments performed to determine starch from different sources, glycerol concentration and essential oils. The methods and procedures for film and recuperator repair have been adjusted to ensure better dispersion and adherence to the fruit surface, but also to produce resistant films with characteristics that allow a modified atmosphere to be generated. "Atmosphere generation modified by biodegradable starchy jackfruit-based starch pouches for blueberry packaging" And "Jackfruit Starch Coating Delays Volatile Release and Maintains 'Haden' Mango Flavor" was burned at Michigan State University in the Department of Horticulture Post-Harvesting Lab and at the School of Packaging Packaging Laboratory and in the experiment "Physiology and quality of 'Tommy Atkins' mangoes fully and partially coated with jackfruit starch associated with essential oils" was developed at the Post Harvest Biology and Technology Laboratory of the Center for Agricultural Sciences at the Federal University of Paraíba. In-depth studies on starches not included are still scarce. In the present work, it was evaluated the use of a seed starch for the reproduction of biodegradable films with different characteristics, as well as its application for the formation of modified atmosphere with potential use for plant products. In addition to the use of starch from jackfruit seeds in the form of films, it has also been studied as coatings. As storage atmosphere modifying agents and influence the release of volatiles, perspiration, respiratory rate and sensory and physical-chemical characteristics.

Keywords: Agronomy, physiology, fruit growing, technology

LISTA DE FIGURAS

Artigo 1 - Modified atmosphere generation by biodegradable pouches of jackfruit seed- and yam-based starches for blueberry packaging

Figura 1 – Titratable acidity (%), soluble solids (%), ratio titratable acidity and soluble solids and pH in blueberries stored in YAM, JFSS and LDPE pouches during 9 days, storage at $5 \pm 0,5$ °C and $90 \pm 2\%$ RH.....	50
Figura 2 – Carbon dioxide (%), oxygen (%) from YAMS pouches (A), JFSS pouches (B), LDPE pouches (C) and respiratory quotient (D) of ‘Highbush’ blueberries stored in biodegradable YAM-, JFSS-based starches and LDPE porches during 9 days, storage at $5 \pm 0,5$ °C and $90 \pm 2\%$ RH.....	51
Figura 3 – Weight loss of ‘Highbush’ blueberries stored in biodegradable YAM-, JFSS-based starches and LDPE porches during 9 days, storage at $5 \pm 0,5$ °C and $90 \pm 2\%$ RH.....	53
Figura 4 – Hierarchical cluster (HCA), color map and principal components analysis (PCA) of the loadings and scores of PC1 and PC2 of O ₂ , pH, CO ₂ , titratable acidity (TA), respiratory quotient (RQ), weight loss (WL), soluble solids (SS) and ratio in blueberries stored in YAM, JFSS and LDPE pouches during 9 days storage at $5 \pm 0,5$ °C and $90 \pm 2\%$ RH.	54
Figura 5 – ‘Highbush’ blueberry packed into biodegradable YAM- and JFS- based starches and LDPE pouches at 9 days storage at $5 \pm 0,5$ °C and $90 \pm 2\%$ RH.....	55
Figura 6 – ‘Highbush’ blueberry packed into biodegradable YAM- and JFS- based starches and LDPE pouches for 9 days storage at $5 \pm 0,5$ °C and $90 \pm 2\%$ RH.	56

Artigo 2 - Jackfruit starch coating delays volatile release and maintains aroma of `Haden` mango

Figura 1 – Estimation of the volatile compounds release using Michaelis Menten approach in coated ‘Haden’ mangoes held under room conditions (23 ± 2 oC and $72 \pm 3\%$ RH), during time of incubation. J (fruit coated with jackfruit seed starch); JMO (coated with jackfruit seed starch + macaíba oil); Control (uncoated mangoes).....	69
Figura 2 – Relative area of the esters volatiles ethyl acetate (A), ethyl butanoate (B), butyl acetate (C), ethyl hexanoate (D), ethyl octanoate (E), methyl octanoate (F) in ‘Haden’ mangoes coated with jackfruit seed starch (J), jackfruit seed starch with macaíba oil (JMO) and uncoated (Control) fruits, at each incubation time needed to reach the steady state of releasing, during storage at room conditions (23 ± 2 °C and $72 \pm 3\%$ RH).....	71
Figura 3 – Relative area of the acid volatiles 2-butanoic acid (A) and ethyl 2-butanoic acid (B) in ‘Haden’ mangoes coated with jackfruit seed starch (J), jackfruit seed starch with macaíba oil (JMO) and uncoated (Control) fruits, at each incubation time needed to reach the steady state of releasing, during storage at room conditions (23 ± 2 oC and $72 \pm 3\%$ RH).....	72
Figura 4 – Relative area of the terpenes α -pinene, β -pinene, 3-carene, limonene and terpinolene in ‘Haden’ mango coated with jackfruit seed starch (J), jackfruit seed starch with	

macaíba oil (JMO) and uncoated (Control) fruits, at each incubation time needed to reach the steady state of releasing, during storage under room conditions (23 ± 2 °C and 72 ± 3 % RH).....[74](#)

Artigo 3 - Fisiologia e qualidade de manga ‘Tommy Atkins’ recoberta total e parcialmente com amido de sementes de jaca associado à óleos essenciais

Figura 1 – Imagem esquemática da aplicação parcial (A) ou total (B) dos recobrimentos biodegradáveis a base de amido de semente de jaca. Os frutos foram imersos em solução de lugol para identificação da área recoberta.[85](#)

Figura 2 – Produção de CO_2 e e taxa de transpiração ($\text{g.Kg}^{-1}.\text{h}^{-1}$) em manga ‘Tommy Atkins’ com recobrimentos biodegradáveis armazenadas durante 12 dias na condição ambiente (23 ± 1 °C e 75 ± 2 % UR). **C** (frutos sem recobrimento); **P+L** (amido de semente de jaca (ASJ) + OE laranja aplicado na região peduncular); **T+L** (ASJ + OE laranja aplicado na área total da manga); **P+G** (ASJ + OE gengibre aplicado na região peduncular); **T+G** (ASJ + OE gengibre aplicado na área total da manga); **P** (ASJ aplicado na região peduncular); **T** (ASJ aplicado na área total da manga). OE: óleo essencial.....[90](#)

Figura 3 – Perda de massa (%) e firmeza (N) em manga ‘Tommy Atkins’ com recobrimentos biodegradáveis armazenadas durante 12 dias na condição ambiente (23 ± 1 °C e 75 ± 2 % UR). **C** (frutos sem recobrimento); **P+L** (amido de semente de jaca (ASJ) + OE laranja aplicado na região peduncular); **T+L** (ASJ + OE laranja aplicado na área total da manga); **P+G** (ASJ + OE gengibre aplicado na região peduncular); **T+G** (ASJ + OE gengibre aplicado na área total da manga); **P** (ASJ aplicado na região peduncular); **T** (ASJ aplicado na área total da manga). OE: óleo essencial.....[91](#)

Figura 4 – Perfil de aparência em manga ‘Tommy Atkins’ com recobrimentos biodegradáveis armazenadas durante 12 dias na condição ambiente (23 ± 1 °C e 75 ± 2 % UR).. **C** (frutos sem recobrimento); **P+L** (amido de semente de jaca (ASJ) + OE laranja aplicado na região peduncular); **T+L** (ASJ + OE laranja aplicado na área total da manga); **P+G** (ASJ + OE gengibre aplicado na região peduncular); **T+G** (ASJ + OE gengibre aplicado na área total da manga); **P** (ASJ aplicado na região peduncular); **T** (ASJ aplicado na área total da manga). OE: óleo essencial.....[94](#)

Figura 5 – Aceitação global de aparência e intenção de compra em manga ‘Tommy Atkins’ com recobrimentos biodegradáveis armazenadas durante 12 dias na condição ambiente (23 ± 1 °C e 75 ± 2 % UR).. **C** (frutos sem recobrimento); **P+L** (amido de semente de jaca (ASJ) + OE laranja aplicado na região peduncular); **T+L** (ASJ + OE laranja aplicado na área total da manga); **P+G** (ASJ + OE gengibre aplicado na região peduncular); **T+G** (ASJ + OE gengibre aplicado na área total da manga); **P** (ASJ aplicado na região peduncular); **T** (ASJ aplicado na área total da manga). OE: óleo essencial.....[95](#)

Figura 6 – Odor característico e odor estranho em manga ‘Tommy Atkins’ com recobrimentos biodegradáveis armazenadas durante 12 dias na condição ambiente ($23 \pm 1 ^\circ\text{C}$ e $75 \pm 2\%$ UR).. **C** (frutos sem recobrimento); **P+L** (amido de semente de jaca (ASJ) + OE laranja aplicado na região peduncular); **T+L** (ASJ + OE laranja aplicado na área total da manga); **P+G** (ASJ + OE gengibre aplicado na região peduncular); **T+G** (ASJ + OE gengibre aplicado na área total da manga); **P** (ASJ aplicado na região peduncular); **T** (ASJ aplicado na área total da manga). OE: óleo essencial.....96

Figura 7 – Perfil de sabor em manga ‘Tommy Atkins’ com recobrimentos biodegradáveis armazenadas durante 12 dias na condição ambiente ($23 \pm 1 ^\circ\text{C}$ e $75 \pm 2\%$ UR).. **C** (frutos sem recobrimento); **P+L** (amido de semente de jaca (ASJ) + OE laranja aplicado na região peduncular); **T+L** (ASJ + OE laranja aplicado na área total da manga); **P+G** (ASJ + OE gengibre aplicado na região peduncular); **T+G** (ASJ + OE gengibre aplicado na área total da manga); **P** (ASJ aplicado na região peduncular); **T** (ASJ aplicado na área total da manga). OE: óleo essencial.....98

Figura 8 – Suculência, fibrosidade e firmeza em manga ‘Tommy Atkins’ com recobrimentos biodegradáveis armazenadas durante 12 dias na condição ambiente ($23 \pm 1 ^\circ\text{C}$ e $75 \pm 2\%$ UR). **C** (frutos sem recobrimento); **P+L** (amido de semente de jaca (ASJ) + OE laranja aplicado na região peduncular); **T+L** (ASJ + OE laranja aplicado na área total da manga); **P+G** (ASJ + OE gengibre aplicado na região peduncular); **T+G** (ASJ + OE gengibre aplicado na área total da manga); **P** (ASJ aplicado na região peduncular); **T** (ASJ aplicado na área total da manga). OE: óleo essencial.....100

Figura 9 – SApência de manga ‘Tommy Atkins’ com recobrimentos biodegradáveis armazenadas durante 12 dias na condição ambiente ($23 \pm 1 ^\circ\text{C}$ e $75 \pm 2\%$ UR). **C** (frutos sem recobrimento); **P+L** (amido de semente de jaca (ASJ) + OE laranja aplicado na região peduncular); **T+L** (ASJ + OE laranja aplicado na área total da manga); **P+G** (ASJ + OE gengibre aplicado na região peduncular); **T+G** (ASJ + OE gengibre aplicado na área total da manga); **P** (ASJ aplicado na região peduncular); **T** (ASJ aplicado na área total da manga). OE: óleo essencial.....107

Figura 10 – Análise hierárquica de agrupamento e mapa de cor para as características sensoriais, fisico-químicas, respiração, perda de massa e firmeza de manga ‘Tommy Atkins’ com recobrimentos biodegradáveis armazenadas durante 12 dias na condição ambiente ($23 \pm 1 ^\circ\text{C}$ e $75 \pm 2\%$ UR).. **C** (frutos sem recobrimento); **P+L** (amido de semente de jaca (ASJ) + OE laranja aplicado na região peduncular); **T+L** (ASJ + OE laranja aplicado na área total da manga); **P+G** (ASJ + OE gengibre aplicado na região peduncular); **T+G** (ASJ + OE gengibre aplicado na área total da manga); **P** (ASJ aplicado na região peduncular); **T** (ASJ aplicado na área total da manga). OE: óleo essencial.....109

LISTA DE TABELAS

REFERENCIAL TEÓRICO

Tabela 1 – Levantamento bibliográfico em relação ao tipo de método para preparo de filmes e recobrimentos biodegradáveis em diferentes matrizes filmogênicas.....20

Artigo 2 - Jackfruit starch coating delays volatile release and maintains aroma of 'Haden' mango

Tabela 1 – Effect of washing on volatiles release of 'Haden' mango coated with jackfruit seed starch (J), J with macaíba oil (JMO) and uncoated fruit (Control), followed 64 minutes of incubation time, at the 3rd day of storage under room conditions (23 ± 2 oC and 72 ± 3 % RH).....75

Artigo 3 - Fisiologia e qualidade de manga 'Tommy Atkins' recoberta total e parcialmente com amido de sementes de jaca associado à óleos essenciais

Tabela 1 – Recobrimentos aplicados em mangas 'Tommy Atkins' armazenadas sob recobrimentos biodegradáveis a base de amido de semente de jaca (ASJ).....86

Tabela 2 – Ácido ascórbico em manga 'Tommy Atkins' com recobrimentos biodegradáveis armazenadas durante 12 dias na condição ambiente (23 ± 1 oC e 75 ± 2% UR). **C** (frutos sem recobrimento); **P+L** (amido de semente de jaca (ASJ) + OE laranja aplicado na região peduncular); **T+L** (ASJ + OE laranja aplicado na área total da manga); **P+G** (ASJ + OE gengibre aplicado na região peduncular); **T+G** (ASJ + OE gengibre aplicado na área total da manga); **P** (ASJ aplicado na região peduncular); **T** (ASJ aplicado na área total da manga). OE: óleo essencial.....101

Tabela 3 – Sólidos solúveis (SS), acidez titulável (AT), relação SS/AT, pH. em manga 'Tommy Atkins' com recobrimentos biodegradáveis armazenadas durante 12 dias na condição ambiente (23 ± 1 °C e 75 ± 2% UR). **C** (frutos sem recobrimento); **P+L** (amido de semente de jaca (ASJ) + OE laranja aplicado na região peduncular); **T+L** (ASJ + OE laranja aplicado na área total da manga); **P+G** (ASJ + OE gengibre aplicado na região peduncular); **T+G** (ASJ + OE gengibre aplicado na área total da manga); **P** (ASJ aplicado na região peduncular); **T** (ASJ aplicado na área total da manga). OE: óleo essencial.....102

Tabela 4 – Cor (L, a, b) da cor de fundo em manga 'Tommy Atkins' com recobrimentos biodegradáveis armazenadas durante 12 dias na condição ambiente (23 ± 1 °C e 75 ± 2% UR). **C** (frutos sem recobrimento); **P+L** (amido de semente de jaca (ASJ) + OE laranja aplicado na região peduncular); **T+L** (ASJ + OE laranja aplicado na área total da manga); **P+G** (ASJ + OE gengibre aplicado na região peduncular); **T+G** (ASJ + OE gengibre aplicado na área total da manga); **P** (ASJ aplicado na região peduncular); **T** (ASJ aplicado na área total da manga). OE: óleo essencial.....103

Tabela 5 – Cor (L, a, b) da cor de cobertura e na condição ambiente (23 ± 1 °C e $75 \pm 2\%$ UR).m manga ‘Tommy Atkins’ com recobrimentos biodegradáveis armazenadas durante 12 dias. **C** (frutos sem recobrimento); **P+L** (amido de semente de jaca (ASJ) + OE laranja aplicado na região peduncular); **T+L** (ASJ + OE laranja aplicado na área total da manga); **P+G** (ASJ + OE gengibre aplicado na região peduncular); **T+G** (ASJ + OE gengibre aplicado na área total da manga); **P** (ASJ aplicado na região peduncular); **T** (ASJ aplicado na área total da manga). OE: óleo essencial.....104

Tabela 6 – Cor (L, a, b) da polpa em manga ‘Tommy Atkins’ com recobrimentos biodegradáveis armazenadas durante 12 dias na condição ambiente (23 ± 1 °C e $75 \pm 2\%$ UR).. **C** (frutos sem recobrimento); **P+L** (amido de semente de jaca (ASJ) + OE laranja aplicado na região peduncular); **T+L** (ASJ + OE laranja aplicado na área total da manga); **P+G** (ASJ + OE gengibre aplicado na região peduncular); **T+G** (ASJ + OE gengibre aplicado na área total da manga); **P** (ASJ aplicado na região peduncular); **T** (ASJ aplicado na área total da manga). OE: óleo essencial.....105

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO GERAL	17
REFERENCIAL TEÓRICO	19
CARACTERIZAÇÃO DE FILMES E RECOBRIMENTOS	
BIODEGRADÁVEIS.....	19
MÉTODOS PARA SÍNTESE DE FILMES E RECOBRIMENTOS	19
PRINCIPAIS MATRIZES FILMOGÊNICAS PARA FORMAÇÃO DE RECOBRIMENTOS BIODEGRADÁVEIS	22
BIORECOBRIMENTOS E SEUS ADITIVOS	23
APLICAÇÃO EM FRUTOS: Influência da morfologia e textura	25
RECOBRIMENTOS BIODEGRADÁVEIS EM PRODUTOS MINIMAMENTE PROCESSADOS	28
MÉTODOS DE AVALIAÇÃO E EFICIÊNCIA DO USO DE RECOBRIMENTOS BIODEGRADÁVEIS	30
MODIFICAÇÕES NAS TAXAS METABÓLICAS	31
ANÁLISE SENSORIAL	33
ANÁLISE DO PERFIL DE VOLÁTEIS	34
REFERÊNCIAS	36
Artigo 1 Modified atmosphere generation by biodegradable pouches of jackfruit seed- and yam-based starches for blueberry packaging	
Abstract	44
Introduction	44
Material and Methods	46
Results and Discussion	49
Conclusion	56
References.....	56
Artigo 2 - Jackfruit starch coating delays volatile release and maintains aroma of 'Haden` mango	
Abstract	62
Introduction	63
Material and Methods	65
Results and Discussion	69

Conclusion	76
References.....	76
Artigo 3 - Fisiologia e qualidade de manga ‘Tommy Atkins’ recoberta total e parcialmente com amido de sementes de jaca associado à óleos essenciais	
Resumo	81
Introdução.....	81
Material e Métodos	84
Resultados e Discussão	88
Conclusões	109
Referencias.....	110
CONSIDERAÇÕES FINAIS	115

1. INTRODUÇÃO GERAL

O desenvolvimento e a utilização de materiais com capacidade de formação de filmes vêm mostrando eficiência quanto ao controle das trocas gasosas provenientes da respiração e transpiração, redução da permeabilidade à umidade, oxigênio e dióxido de carbono. Os filmes biodegradáveis possuem função de proteger, modificando a atmosfera ao redor da fruta, diminuir perda do aroma, além da possibilidade de introduzir aditivos como antioxidantes e antimicrobianos. A formação de um filme de baixa atividade melhora assim, as características intrínsecas e a integridade mecânica dos produtos recobertos e elevar o padrão de qualidade para garantir uma boa comercialização e atingir competitividade internacional (PARK, 2003; PEREIRA et al., 2009; BOTREL et al., 2010; GUARÇONI M. e VENTURA, 2011).

Os filmes e recobrimentos podem ser preparados a partir de materiais biológicos, tais como proteínas, lipídios e polissacáridos e envolve agentes formadores, solventes e plastificantes, entre outros reagentes que agem como uma barreira para o ambiente externo, protegendo produtos alimentares e aumentando o período de armazenamento, mantendo boa aceitação sensorial e conservando as propriedades físicas (BIERHALS; CHIUMARELLI; HUBINGER, 2011; GONZÁLEZ-AGUILAR et al., 2010; LUCHESE et al., 2015; TANADA-PALMU; GROSSO, 2005; VIÑA et al., 2007).

Como exemplos de filmes biodegradáveis, os de polissacarídeos, particularmente amido, são bons na formação de películas e possuem baixa permeabilidade ao oxigênio, o que implica na diminuição da taxa respiratória de produtos vegetais (CHIUMARELLI et al., 2010; LIMA et al., 2012). A diminuição da taxa metabólica é uma medida utilizada para retardar a maturação, e por consequência, mantém a qualidade de frutos recobertos, possibilitando a inserção destes frutos em mercados mais exigentes.

Os compostos voláteis, que são responsáveis pelo aroma, são em geral, lábeis e, portanto, sujeitos a rearranjos, ciclizações, oxidações e degradações (FACUNDO et al., 2010; STEINGASS et al., 2013). Desta forma, a utilização de filmes biodegradáveis que possibilitem a adição de substâncias a fim de aumentar o aporte nutricional ou antimicrobiano deve ser mais estudada, de modo a avaliar as implicações na qualidade pós-colheita, sobretudo no que se refere ao perfil de compostos voláteis e nas características sensoriais dos frutos. O recobrimento utilizado deve assegurar a manutenção do aroma característico do fruto, conservação da qualidade e aumento da vida-útil pós-colheita.

Além dos compostos voláteis, componentes típicos de frutas podem ser alterados e degradados durante o armazenamento. Várias dimensões devem ser levadas em consideração para adoção de técnicas de conservação pós-colheita. Do ponto de vista tecnológico, a utilização de recobrimentos e filmes biodegradáveis a base de amido deve ser estudado profundamente, ressaltando os pontos que podem influenciar na fisiologia dos frutos recobertos, uma vez que podem alterar totalmente a permeabilidade a vaores de água e componentes voláteis. Essa alteraçã na permeabilidade de compostos voláteis pode causar distúrbios de natureza fisiológica influenciando no armazenamento desses produtos vegetais. Do ponto de vista fisiológico do produto recoberto, deve-se utilizar recobrimentos com características que se ajustem as demandas fisiológicas. Desta forma, os filmes e recobrimentos a base de amido devem ser estudados de forma mais profunda, principalmente relacionando com as mudanças fisiológicas dos produtos vegetais recobertos.

REFERENCIAL TEÓRICO

1 CARACTERIZAÇÃO DE FILMES E RECOBRIMENTOS BIODEGRADÁVEIS

A principal diferença entre os recobrimentos e os filmes comestíveis, é que os recobrimentos são aplicados em forma líquida sobre os alimentos, normalmente, imergindo o produto vegetal em uma emulsão formada pela matriz estrutural (hidratos de carbono, proteínas, lipídeos ou mistura multicomponente). Por sua vez, os filmes comestíveis são primeiro moldados como folhas contínuas, as quais são aplicadas como uma película sobre o produto alimentar (FALGUERA et al., 2011).

Os recobrimentos biodegradáveis são caracterizados como uma fina camada aplicada sobre a superfície de um produto alimentar (GONZÁLEZ-AGUILAR et al., 2010), criando a atmosfera modificada, formada em função da permeabilidade do recobrimento e taxa respiratória dos frutos (MAFTOONAZAD et al., 2007). Com objetivo principal de manter a qualidade de produtos recobertos, atrasar a maturação e senescência, reduzir a desidratação e a diminuir a taxa de crescimento microbiano e as perdas após a colheita (MAFTOONAZAD et al., 2007; RIBEIRO et al., 2007).

2 MÉTODOS PARA SÍNTSEDE FILMES E RECOBRIMENTOS

Existem diversos métodos para síntese de filmes e recobrimentos, porém o princípio deles são semelhantes, baseia-se na dispersão ou solubilização dos biopolímeros em um solvente (água, etanol ou ácidos orgânicos) e acréscimo de aditivos (nanopartículas,

plastificantes ou agentes de liga) obtendo-se uma solução ou dispersão filmogênica

(HENRIQUE; CEREDA; SARMENTO, 2008; LEONEL et al., 2011).

Como forma de otimização do processo de preparo dos filmes biodegradáveis, a agitação e o aumento da temperatura durante a solubilização das matrizes filmogênicas são empregadas (ALI et al., 2013; ARNON et al., 2015; CERQUEIRA et al., 2009; CHIUMARELLI et al., 2011). Alguns métodos contam com a utilização de aparelhos de alta rotação como o ultraturrax (SALABERRIA et al., 2015) de ultrassom para remoção de bolhas de ar e completa dissolução da suspensão (REIS et al., 2014; SALABERRIA et al., 2015), com modificações em alguma das etapas do método e na forma de aplicação, durante a formação do biorecobrimento (Tabela 1).

Tabela 1: Levantamento bibliográfico em relação ao tipo de método para preparo de filmes e recobrimentos biodegradáveis em diferentes matrizes filmogênicas.

Tipo	Método	Aplicação	Referência
Carboximetil celulose - Quitosana 1,5% (em ác. acético 1,0%)	Agitação a 80° C	Pincel	Arnon et al., 2014
Carboximetil celulose 1,5 % - CMC	Agitação a 80° C (2 h.)	Pincel	Arnon et al., 2015
Hidroxipropil metilcelulose 1% - HPMC	Agitação a 80° C (4 h.)	Pincel	Arnon et al., 2015
Metil celulose 1 % - MC	Agitação a 50-60° C (2 h.)	Pincel	Arnon et al., 2015
Quitosana médio peso molecular 0,5; 1,0; 1,5 % (ác. acético 0,7 %)	Agitação a 50-60° C (2 h.)	Pincel	Arnon et al., 2015
CMC 1,5% – glicerol 2; 4; 6 %	Agit. vigorosa, temp. ambiente	Pincel	Arnon et al., 2015
CMC – ác. esteárico + Tween 80	Agitação a 70° C (1 h.)	Pincel	Arnon et al., 2015
CMC – ác. oleico + Tween 80	Agitação a 60° C (1 h.)	Pincel	Arnon et al., 2015
Quitosana 0,5; 1,0; 1,5; 2,0 % (1,5% ác. acético) + 1,28 % glicerol + Fécula de mandioca 2	Agitação a 70° C (1 h.)	Imersão (3 min.)	Aquino et al., 2015

% + 0,64 % glicerol +óleo essencial 1;2;3; % (Autoclavado)	Diluição	Imersão (3 seg.)	Amarante et al., 2001
Cera de carnaúba 20; 40; 60; 80; 100 %	Agitação magnética temp. ambiente e centrifugado	Imersão (3 min. 20° C)	Alvarez et al., 2013
Quitosana de médio peso molecular 2 % (ác. acético 1%) (autoclavado) + glicerol (proporção de peso 0,28)	Agitação a 40° C (1 h.), chapa aquecida e agitação magnética	Imersão (2-3 min.)	Ali et al., 2013
Goma arábica 5; 10; 15; 20 % + glicerol 1%	Agitação constante a 70° C	Imersão (3 min.)	Chiumarelli et al., 2011
Fécula de mandioca 1% + ác. cítrico 0,5 % + glicerol 1 %	Agitação constante a 70° C	Imersão (3 min.)	Chiumarelli et al., 2011
Fécula de mandioca 1% + ác. cítrico 0,5 %	Agitação constante a 70° C	Imersão (3 min.)	Chiumarelli et al., 2011
Alginato de sódio 2% + ác. cítrico 0,5 %	Agitação constante a 70° C e armazenado durante 24 h.	Imersão (3 min.)	Chiumarelli et al., 2011
Alginato de sódio 2% + ác. cítrico 0,5 % + glicerol 1 %	Agitação constante a 70° C e armazenado durante 24 h.	Imersão (3 min.)	Chiumarelli et al., 2011
Fécula de mandioca 2,5;3;3,5 % + glicerol 1; 1,5; 2,61; 2,82 % + cera de carnaúba 0,1; 0,2; 0,38; 0,4 % + ác. esteárico 0,6; 0,62; 0,8; 0,9 %	Agitação constante a 70° C	Imersão (2 min.)	Chiumarelli e Hubinger, 2014
Fécula de mandioca + glicerol + cera de carnaúba + ác. esteárico Quitosana 0,5; 1; 2 % (ác. acético)	Agitação constante a 75° C JIANG e LI 2001	Imersão (2 min.)	Chiumarelli e Hubinger, 2012
Galactomanana 0,5; 1; 1,5 % + glicerol 1; 1,5; 2 %	Agitação (2 h.)	Formação de filme	Cerdeira et al., 2009
Lactato de cálcio 2% + l-cisteina 1%	-	Imersão (3 min.)	Botrel et al., 2010
Lactato de cálcio 2% + l-cisteina 1,5%	-	Imersão (3 min.)	Botrel et al., 2010
Quitosana 1; 1,5; 2 % (ác. lático 1%) + glicerol 0,25; 0,275; 0,5 % + Tween 80	Agitação com barra magnética (2 h.) temp. ambiente	-	Cassariego et al., 2008
Quitosana	Agitação (24 h.) temp. ambiente	Formação de filme	Costa et al., 2012
Amido de arroz 1; 1,5; 2 % + glicerol 0,4; 0,5; 0,6 ml	-	Imersão (1 min.)	Das et al., 2013

Amido de milho + glicerol	Banho maria a 90° C sob Agitação magnético (500 rpm), 30 min	Formação de filme	Ghanbarzadeh et al., 2011
Pululano (polissacarídeo produzido pela Levedura <i>Aureobasidium pullulans</i>) + sorbitol + nanocristais	Agitação, centrifugação e tratamento ultrassônico	Formação de Filme	Kristo e Biliaderis (2007)
Amido de quinoa + nanopartículas de ouro	Fundição	Formação de filme	Pagno et al., 2015
Amido de mandioca + extrato de erva mate e polpa de manga	Percolação + agitação + banho ultrassônico	Formação de filme	Reis et al., 2014
Nanocristais e nanofibras de quitina + amido de milho + amido termoplástico	Cozimento + agitação + tratamento ultrassônico	Formação de filme	Salaberria et al., 2015
Goma Guar + nanoargila	Agitação + centrifugação	Formação de filme	Saurabh et al., 2013
Hidroxipropil metilcelulose	Agitação constante com rampa te aquecimento até 82° C	Formação de filme	Villacres et al., 2014
Amido de milho + Tween 40 + óleo de girassol	Gelatinização a frio com solução de NaOH	Imersão (10 seg.)	Viña et al., 2007
Amido de milho + glicerol + óleo de girassol	Gelatinização a frio com solução de NaOH	Imersão (10 seg.)	Viña et al., 2007
Quitosana 0,5; 1; 1,5 % + tween 80	Dissolução em ácido acético	Imersão (5 min.)	Wang e Gao, 2013
Nanoparticulas líquidas de lipídeos + cera de Candeuba	Ultra-turrax + arrefecimento a temperatura ambiente	Imersão (1 min.)	Zambrano-Zaragota et al., 2013

3 PRINCIPAIS MATRIZES FILMOGÊNICAS PARA FORMAÇÃO DE RECOBRIMENTOS BIODEGRADÁVEIS

Os recobrimentos feitos de polissacarídeos, particularmente amido, ou proteínas são bons na formação de películas e geralmente têm propriedades adequadas de barreira mecânica

e gás, mas apresentam alta permeabilidade à umidade e baixa eficiência como barreira contra vapor de água, o que implica na diminuição da taxa respiratória de produtos vegetais (CHIUMARELLI et al., 2011; DAS; DUTTA; MAHANTA, 2013; JIANG, 2013; LIMA et al., 2010; RIBEIRO et al., 2007; TANADA-PALMU; GROSSO, 2005). Contudo, filmes feitos a partir de amido possuem uma série restrição tecnológica porque eles são altamente hidrofílicos, e as suas propriedades são, por conseguinte, significativamente afetadas pela alteração da humidade relativa durante a sua utilização e armazenamento (LUCHESE et al., 2015).

Existe diferença na origem do amido utilizado com possibilidade de uso para formação de filmes e recobrimentos (LEONEL; CEREDA, 2002). Como exemplo, os filmes formados por amido de inhame requerem maior temperatura para gelatinização, quando comparados com o amido de mandioca, além de que, filme de inhame apresenta maior vantagem quanto as características físicas, desta forma, os materiais formados a partir de amido de inhame são recomendados para revestimentos que necessitem de resistência mecânica já os formados por amido de mandioca para embalagens mais flexíveis (GUTIÉRREZ et al., 2015).

4 BIORECOBRIMENTOS E SEUS ADITIVOS

Além disso, alguns compostos podem ser adicionados durante a produção de filmes e recobrimentos para fornecer, por exemplo, propriedades antioxidantes e antimicrobianas (LUCHESE et al., 2015). Como exemplo de componentes utilizados para melhorar as características dos filmes e recobrimentos, os que apresentem em sua matriz componentes como lipídios exibem boas propriedades de barreira ao vapor de água, mas apresentam baixa resistência mecânica e elevada permeabilidade ao oxigênio (TANADA-PALMU e GROSSO,

2005). Plastificantes como o glicerol são geralmente necessários para recobrimentos comestíveis que tenham em sua matriz polissacarídeos ou proteínas para aumentar a flexibilidade e capacidade de processamento, bem como a permeabilidade ao oxigénio do filmes ou recobrimento (JIANG, 2013).

Outra forma de aditivo em recobrimentos biodegradáveis é a utilização de extratos vegetais, que é eficiente em retardar a perda de massa e aumenta a capacidade de inibição de escurecimento interno (SUPAPVANICH; PRATHAAN; TEPSORN, 2012). O uso de recobrimento com alginato, também pode ser uma alternativa para o uso na forma de recobrimentos comestíveis, pois diminui a perda de massa, reduz a taxa respiratória e preserva a textura, sem afetar os atributos de cor, odor, e sabor (AZARAKHSH et al., 2014; CHIUMARELLI et al., 2011; SIPAHI et al., 2013).

Outro polímero que vem sendo amplamente utilizado é a quitosana, produzida a partir da desacetilação da quitina, que além das funções relacionadas a minimização das taxas metabólicas, também possuem propriedade antifúngica (ALVAREZ; PONCE; MOREIRA, 2013). Os revestimentos comestíveis a base de fécula de mandioca minimizam as alterações de cor, reduz o escurecimento enzimático, reduz a taxa respiratória, reduz a perda de massa e mantém as propriedades mecânicas em mangas (CHIUMARELLI et al., 2011).

As formulações com recobrimentos a base de fécula de mandioca, cera de carnaúba, ácido esteárico com filmes e recobrimentos formados com alto teor de cera e de baixa concentração de glicerol apresentam estrutura rígida e podre barreira contra gases e vapor de água (CHIUMARELLI; HUBINGER, 2014). Pesquisas com otimização de recobrimentos indicam, com o forma potencial para a manutenção da qualidade do produto, a concentração de amido de mandioca de 3,0 g/100 g de solução de revestimento, a concentração de glicerol de 1,5 g/100 g de solução de revestimento, cera de carnaúba concentração de 0,2 g/100 g de

solução de revestimento e a concentração de ácido esteárico de 0,8 g/100 g de solução de revestimento (CHIUMARELLI; HUBINGER, 2012).

5. APLICAÇÃO EM FRUTOS: Influência da morfologia e textura

Na grande maioria, a morfologia e textura dos frutos é altamente irregular, que dificulta a formação do filme em única camada sem perfurações, prejudicando assim, efetividade do recobrimento e depreciando o objetivo inicial do filme que é formar uma fina película por toda a superfície do fruto (GONZÁLEZ-AGUILAR et al., 2010), que poderá prejudicar na formação de uma atmosfera modificada por todo o fruta (MAFTOONAZAD et al., 2007).

A efetividade de recobrimentos biodegradáveis se dá, primeiramente pela natureza do material utilizado para formulação dos filmes e recobrimentos. Como exemplo, os de polissacarídeos ou proteínas são bons formadores de películas e geralmente têm propriedades adequadas de barreira mecânica e contra vapores gasosos, porém, apresentam alta permeabilidade à umidade e baixa eficiência como barreira contra vapor de água, favorecendo diminuição na taxa respiratória de produtos vegetais (CHIUMARELLI et al., 2011; DAS; DUTTA; MAHANTA, 2013; HENRIQUE; CEREDA; SARMENTO, 2008; JIANG, 2013; LIMA et al., 2010).

Outro ponto a se levar em consideração nos recobrimentos são as condições de armazenamento destes frutos, tais como temperatura e umidade relativa, os recobrimentos biodegradáveis tornam-se frágeis em atmosfera seca e perdem força em umidade relativa elevada (FERREIRA et al., 2009). Outro fator inerente a superfície da frutas é a serosidade natural que minimiza a interação entre a superfície da infrutescência e o recobrimento.

Influenciando no espalhamento ou molhabilidade, que é a capacidade que o líquido apresenta em escorrer sobre uma superfície (SHENG; JIANG; TSAO, 2007).

O molhamento é uma das propriedades mais importantes associados com uma superfície sólida e o comportamento de molhagem é regida por dois fatores, o primeiro é composição química da superfície o segundo a rugosidade das superfícies sólidas (SHENG; JIANG; TSAO, 2007). Este efeito é notável, pois influência na característica hidrofílica ou hidrofóbica dos materiais e aumentando ou dificultando o contato da emulsão com a superfície a ser aplicada (LAFUMA; QUÉRÉ, 2003).

Quanto a composição, os componentes presentes na superfície podem caracteriza-la como super hidrofóbica, quando se exibe ângulos de contato muito elevadas ($> 150^\circ$) e super hidrofílico ($< 5^\circ$), indicando que alta hidrofobicidade proporciona pouco contato da emulsão com a superfície e alta hidrofilicidade proporciona maior contato com a superfície (KOTA; CHOI; TUTEJA, 2013).

O efeito da rugosidade da superfície, sobre a hidrofobicidade foi explicado por duas teorias diferentes: Uma desenvolvida por Cassie e Baxter, que assume que o ar é aprisionado nas fissuras da superfície rugosa, por outro lado, o modelo desenvolvido por Wenzel, assume-se que o espaço entre as saliências na superfície é preenchido pelo líquido (MARTINES et al., 2005).

A baixa tensão superficial, típico de superfícies hidrofílicas, resulta em alto coeficiente de espalhamento, que é o recomendado para um recobrimento comestível para ser aplicado em produtos vegetais e, possivelmente contribuir para prolongar sua vida útil (CASARIEGO et al., 2008). Desta forma a morfologia de diversas frutas dificulta a formação do filme em única camada sem perfurações, prejudicando assim, afetividade do recobrimento e depreciando o objetivo inicial do filme que é formar uma fina película por toda a superfície do

fruto (GONZÁLEZ-AGUILAR et al., 2010), que poderá prejudicar na formação de uma atmosfera modificada por todo o fruta (MAFTOONAZAD et al., 2007).

O tempo para formação dos filmes e recobrimentos pode ser bastante variável, pois durante a gelatinização e retrogradação ocorrem mudanças nos grãos de amido, e esses efeitos são os responsáveis pela formação do gel. Dependendo exclusivamente da natureza do grão e do método de preparo do recobrimento e baseia-se na dispersão ou solubilização dos biopolímeros em um solvente (água, etanol ou ácidos orgânicos) e acréscimo de aditivos (plastificantes ou agentes de liga) obtendo-se uma solução ou dispersão filmogênica, que ao ser aquecida na presença de água, os grânulo de amido tornam-se menos ordenados, e esta perda na organização interna ocorre em diferentes temperaturas de acordo com o tipo de amido (HENRIQUE et al., 2008; LEONEL et al., 2011).

A composição dos grãos de amido, bem como a disposição de amilose e amilopectina dentro do grânulo de amido ainda não é completamente compreendida, porém o empacotamento desses dois polímeros no grânulo de amido nativo é bem organizado, sendo esta relação um dos fatores responsáveis pela maior elasticidade ou rigidez dos filmes (LEONEL et al., 2011).

A carragena apresenta alta tensão superficial, mostrando que os filmes e recobrimentos formados por este polímero apresentam dificuldade em espalhamento, porém apresenta baixa permeabilidade ao oxigênio, menos opaco que filmes de amido e apresenta propriedade antifúngicas, sendo um bom filme contra a perda de vapores de água (HAMZAH et al., 2013; RIBEIRO et al., 2007).

Os filmes formados por alginato podem ser uma alternativa de filmes e recobrimentos, porém apresentam como uma pobre barreira contra gases e vapor de água, pois apresentam alta hidrofilicidade, sendo mais indicado para produtos minimamente processados (OLIVAS;

MATTINSON; BARBOSA-CÁNOVAS, 2007; SIPAHI et al., 2013). O fato de ser um polímero formador de filme não significa eficiência na utilização na pós-colheita, uma vez que os filmes possuem baixas permeabilidades podem proporcionar atmosfera inadequada e facilitar a fermentação (HENRIQUE et al., 2008).

6 RECOBRIMENTOS BIODEGRADÁVEIS EM PRODUTOS MINIMAMENTE PROCESSADOS

Produtos minimamente processados – PMP pode ser definida pelo IFPA (International Fresh-cut Produce Association) como qualquer fruta ou vegetal ou combinação que tenha sido fisicamente alterado a partir de sua forma original, mas continua em estado fresco, mantendo uma combinação de características, incluindo aparência, textura, sabor e valor nutricional (DI EGIDIO et al., 2009). Este fato explica o aumento deste nicho de mercado, com os consumidores mais preocupados com saúde e escolha de alimentos de alta qualidade, fácil preparo e rápido consumo (PRADO et al., 2004).

Porém, o processamento mínimo de frutos provoca alterações na sua fisiologia, por envolver manipulação, corte, descascamento, perfuração, redução de tamanho, e pode comprometer a sua vida de prateleira, através de mudanças estruturais da parede celular e suas enzimas, como também alterações na taxa respiratória e modificação no padrão de produção de etileno, acelerando a senescência e formação de sabores e odores desagradáveis (ANTONIOLLI et al., 2006; BONNAS et al., 2003; PRADO et al., 2004; TORRI; SINELLI; LIMBO, 2010).

No entanto, a vida de prateleira de frutas minimamente processadas é curto, geralmente de cinco a sete dias sob refrigeração. E os principais fatores que determinam o sucesso de um produto minimamente processado incluem iniciar com uma matéria-prima de alta qualidade e manutenção da cadeia de frio ao longo dos processos de fabricação, distribuição e comercialização (ARTES; GOMEZ; ARTES-HERNANDEZ, 2007). Para fornecer produtos minimamente processados com boa qualidade, fato ainda insatisfatório nos produtos brasileiros (ANTONIOLLI et al., 2012).

As formas para minimizar os efeitos do processamento são cada vez mais adotadas, como o armazenamento a temperaturas baixas, que é a medida inicial para conservação de produtos minimamente processados, uma vez que reduz a taxa respiratória e a produção de etileno (ANTONIOLLI et al., 2006; CERQUEIRA et al., 2009; MONTERO-CALDERÓN; ROJAS-GRAÜ; MARTÍN-BELLOSO, 2008). A fim de garantir a qualidade e segurança de frutas minimamente processadas, até que sejam consumidos (BENÍTEZ et al., 2012).

Outra estratégia que vem sendo utilizados na indústria de processamento mínimo como uma estratégia de reduzir os efeitos deletérios do processamento em produtos vegetais é o uso de recobrimentos biodegradáveis (BIERHALS; CHIUMARELLI; HUBINGER, 2011). Definido como uma fina camada de material comestível formado a partir de proteínas, polissacarídeos e lipídeos, que podem ser aplicados diretamente na superfície dos produtos minimamente processados (GONZÁLEZ-AGUILAR et al., 2010).

A utilização de recobrimentos biodegradáveis reduz a perda de massa e exsudação, diminui a taxa respiratória, mantendo boa aceitação sensorial e conservando as propriedades físicas (BIERHALS; CHIUMARELLI; HUBINGER, 2011). O desenvolvimento e utilização de materiais com capacidade de formação de recobrimentos biodegradáveis vêm mostrando eficiência quanto ao controle das trocas gasosas provenientes da respiração e transpiração,

reduzir a permeabilidade à umidade, oxigênio e dióxido de carbono, modificando a atmosfera ao redor da fruta. Melhorando as características intrínsecas e a integridade mecânica dos produtos recobertos, além de garantir boa comercialização e atingir competitividade internacional (BOTREL et al., 2010; GUARÇONI M.; VENTURA, 2011; PEREIRA et al., 2009).

7. MÉTODOS DE AVALIAÇÃO E EFICIÊNCIA DO USO DE RECOBRIMENTOS BIODEGRADÁVEIS

Pesquisas que abordem a adequação na formulação dos recobrimentos e filmes comestíveis objetivam manter a qualidade de produtos recobertos, atrasar a maturação e senescênciia, reduzir a desidratação e a diminuir a taxa de crescimento microbiano, diminuindo a perda de após a colheita e mantendo a qualidade de frutas frescas por um período mais longo (MAFTOONAZAD et al., 2007; RIBEIRO et al., 2007). O recobrimento é caracterizado como uma fina camada aplicada sobre a superfície de um produto alimentar (GONZALEZ-AGUILAR et al., 2009), criando a atmosfera modificada, formada em função da permeabilidade do revestimento e taxa respiratória dos frutos (MAFTOONAZAD et al., 2007).

Na escolha de recobrimentos biodegradáveis para manutenção da qualidade, deve-se identificar a que mais se ajuste a fisiologia do produto, por favorecer uma modificação da composição de gases que minimize a taxa respiratória e os processos bioquímicos do produto sem causar anaerobiose(PINTO-ZEVALLOS et al., 2013). Esse aspecto metabólico envolve a degradação de compostos orgânicos ricos em energia, como açúcares, ácidos orgânicos, aminoácidos, e gorduras, resultando em moléculas de baixo peso molecular pobres em

energia, resultando na produção de energia fosfato (AMARANTE; BANKS; GANESH, 2001; OLIVAS; BARBOSA-CÁNOVAS, 2005; PINTO-ZEVALLOS et al., 2013).

A escolha da forma de manutenção da qualidade e do tipo de recobrimento biodegradável influência na produção de compostos voláteis em frutos minimamente processados (ZHANG et al., 2014), bem como na mudança da coloração, firmeza e percentual de exsudado (ZHANG et al., 2013). Desta forma, técnicas sensoriais podem fornecer informações sobre a percepção de aroma geral e os limiares olfativas (TORRI; SINELLI; LIMBO, 2010). Para garantir uma boa aceitação das frutas no mercado de consumo, toda a cadeia produtiva se organiza de forma a elevar os padrões de qualidade (AMORIM et al., 2011).

8. MODIFICAÇÕES NAS TAXAS METABÓLICAS

A escolha adequada do recobrimento influencia diretamente a conservação, por interferir na taxa respiratória, que é um processo fisiológico fornecedor de energia para os processos bioquímicos do vegetal. Esse aspecto metabólico envolve a degradação de compostos orgânicos ricos em energia, como açúcares, ácidos orgânicos, aminoácidos, e gorduras, resultando em moléculas de baixo peso molecular pobres em energia, resultando na produção de energia fosfato (BARBOSA et al., 2011).

O uso de atmosfera modificada altera os níveis de O₂ e CO₂, sendo a transmissão de O₂ e CO₂ variável de acordo com permeabilidade do filme, ressaltando que quanto mais permeável o filme, maiores serão as trocas gasosas (PINTO et. al., 2006; SANTANA, 2010).

No entanto, as concentrações desses gases devem estar acima de um certo limite crítico que não resulte em anaerobiose, mas abaixo da faixa fisiológica básica (KADER, 1986).

Um dos fatores mais importantes a ser considerado durante o planejamento da atmosfera modificada para um determinado produto é a seleção do filme, cuja permeabilidade a diferentes gases possa adequadamente regular as trocas gasosas durante o armazenamento, de modo a prolongar a vida útil, mas mantendo a qualidade e segurança microbiológica do produto (PINTO et al., 2006). Sendo assim, uma das técnicas analíticas mais utilizadas é a análise das taxas de produção de CO₂ e etileno, que geralmente coincidem (VILLA-RODRÍGUEZ et al., 2011).

A taxa respiratória em frutos pode ser mensurada por cromatografia gasosa através de retirada de alíquota da atmosfera de equilíbrio formada dentro de um recipiente, durante um tempo específico (JIANG e LI, 2001; HANMAIER, 2005; ARNON et al., 2014; BENITEZ et al., 2012). Além de ser uma das avaliações mais influenciadas pela condição de armazenamento, como temperatura e permeabilidade do recobrimento utilizado (BENITEZ et al., 2012; ANTONIOLLI et al., 2006).

Em diversos frutos, o etileno apresenta função vital processos fisiológicos na pré e na pós-colheita. O etileno está mais diretamente associado a mudança de coloração verde, amolecimento dos frutos, pois desencadeia processos para degradação de compostos de parede, tornando os frutos mais macios e levemente mais doces. Este hormônio também pode ser alterado de acordo com a forma de manipulação dos frutos, geralmente estando associado com a produção de CO₂ (SELVARAJAH e JOHN, 2001; FINNEGAN et al., 2013; MACHADO et al., 2014).

9. ANÁLISE SENSORIAL

A análise sensorial é uma análise qualitativa que caracteriza a impressão de um determinado grupo de provadores, que pode ser diferenciado de acordo com o objetivo da pesquisa. Este tipo de análise pode determinar diferenças entre cultivares, tratamentos na pré e pós colheita, ou características não desejáveis nos frutos, como sabores estranhos residuais, através de testes de preferência ou aceitação, que podem caracterizar mudanças bioquímicas e fisiológicas que ocorram no frutos (RAMOS et al., 2010; BERILLI et al., 2011).

As modificações na coloração da casca podem ser indicativo de avanço na maturação, enquanto que, modificações na cor da polpa pode ser indicativo de desordens fisiológicas. A mensuração da cor pode ser realizada através de medidas objetivas, com auxílio de colorimetros, e subjetivas, através de escalas pré-estabelecidas. As modificações na coloração da polpa podem ser decorrentes de ação enzimática, oxidação de componentes celulares ou formação de compostos indesejáveis (RAMALLO; MASCHERONI, 2012; SANGSUWAN; RATTANAPANONE; RACHTANAPUN, 2008; TAIN et al., 2011).

Nas pesquisas que são realizadas com utilização de filmes e recobrimentos, uma das características fisiológicas estudadas é se o recobrimento interfere na taxa respiratória normal dos frutos. A produção de compostos como etanol e acetaldeído são indicativos de fermentação alcoólica e este tipo de processo também pode ser induzido pela formação de filmes e recobrimentos pouco permeáveis aos gases, prejudicando assim a taxa respiratória, resultando em odores atípicos (PRADO et al., 2004; TOKITOMO et al., 2005; VALENCIA-CHAMORRO et al., 2009).

Os recobrimentos biodegradáveis, além de serem barreiras semipermeáveis aos gases, também realiza a função de minimizar a perda de vapor de água, sendo mensurada pela perda

de massa durante armazenamento, por exemplo. A perda de água em produtos vegetais pode ser reflexo de altas taxas metabólicas, ou pode influenciar características de qualidade como cor, firmeza, teor de sólidos solúveis e componentes intercelulares. A determinação da perda de massa é uma avaliação simples e baseia-se na perda de peso das amostras em relação ao dia inicial (BIERHALS; CHIUMARELLI; HUBINGER, 2011; KHAYANKARN et al., 2013; SANGSUWAN; RATTANAPANONE; RACHTANAPUN, 2008; TAIN et al., 2011; TALENS et al., 2012).

10. ANÁLISE DO PERFIL DE VOLÁTEIS

A utilização e desenvolvimento de materiais com capacidade de formação de filmes vêm mostrando eficiência na manutenção da qualidade de frutos tropicais, sendo este o principal objetivo do uso de filmes e recobrimentos. Apresentando função de proteger, modificando a atmosfera ao redor da fruta, diminuir perda do aroma, além da possibilidade de introduzir aditivos como antioxidantes e antimicrobianos e modificar as trocas gasosas provenientes da respiração e transpiração, reduzir a permeabilidade à umidade, oxigênio e dióxido de carbono (BOTREL et al., 2010; GUARÇONI M.; VENTURA, 2011; PEREIRA et al., 2009).

Estes filmes e recobrimentos são bons na formação de películas e possuem baixa permeabilidade ao oxigênio, o que implica na diminuição da taxa respiratória de produtos vegetais (CHIUMARELLI et al., 2010; LIMA et al., 2012). A diminuição da taxa metabólica é uma medida utilizada para retardar da maturação, e por consequência, manutenção da qualidade dos frutos recobertos. Porém a utilização de filmes e recobrimentos, por retardar a

maturação, também pode afetar o perfil de voláteis, uma vez que diminui a formação de compostos voláteis típicos de frutos maduros (GUIMARÃES, 2014).

Por outro lado, a escolha inadequada de filmes e recobrimentos para o recobrimento, formando uma barreira aos gases, pode proporcionar atmosfera modificada que não se ajuste às taxas metabólicas, provocando fermentação (FALGUERA et al., 2011). Aumento a presença de alguns compostos voláteis associados com a condição anaeróbica, este é o caso do etanol e acetaldeído, nestas condições, sendo um dos indicativos (UMANO et al., 1992; FALGUERA et al., 2011). Que podem ser identificados por técnicas sensoriais que forneçam informações sobre a percepção de aroma geral, limiares olfativas e sua aceitação pelos consumidores, enquanto análises instrumentais identificam e quantificam os compostos voláteis (TORRI; SINELLI; LIMBO, 2010).

Outro quesito a ser levado em consideração é a afinidade dos compostos voláteis produzidos e do recobrimento utilizado, como exemplo, os filmes de carragena apresentam afinidade com compostos voláteis polares (acetato de etilo, butirato de etilo, isobutirato de etilo, hexanoato de etilo, octanoato de etilo, 2-pentanona, 2-heptanona, 2-octanona, 2-nonenona e 1-hexanol), podendo libertar gradualmente compostos voláteis de aroma e manter, assim, as características sensoriais tais como odor e gosto característicos durante o tempo (FALGUERA et al., 2011).

No entanto, pouco tem sido relatado sobre a utilização de atmosfera modificada, formada por filmes e recobrimentos, o efeito na produção metabólitos orgânicos voláteis e a qualidade sensorial do frutas, por outro lado, observa-se que a utilização de atmosfera modificada interfere na retenção da cor, firmeza, suculência e vazamento de suco de frutas durante o armazenamento (ZHANG et al., 2013).

REFERÊNCIAS

- ALI, A. et al. Effect of gum arabic as an edible coating on antioxidant capacity of tomato (*Solanum lycopersicum L.*) fruit during storage. **Postharvest Biology and Technology**, v. 76, p. 119–124, 2013.
- AMARANTE, C.; BANKS, N. H.; GANESH, S. Effects of coating concentration, ripening stage, water status and fruit temperature on pear susceptibility to friction discolouration. **Postharvest Biology and Technology**. v. 21, n. 3, p. 283-290, 2001.
- ALVAREZ, M. V.; PONCE, A. G.; MOREIRA, M. D. R. Antimicrobial efficiency of chitosan coating enriched with bioactive compounds to improve the safety of fresh cut broccoli. **LWT - Food Science and Technology**, v. 50, n. 1, p. 78–87, 2013.
- AQUINO, A. B.; BLANK, A. F.; AQUINO, S.; LUCIANA C. L. Impact of edible chitosan–cassava starch coatings enriched with *Lippia gracilis* Schauer genotype mixtures on the shelf-life of guavas (*Psidium guajava L.*) during storage at room temperature. **Food Chemistry**. v. 171, p. 108-116, 2015.
- ARNON, H.; ZAITSEV, Y.; PORAT, R.; POVERENOV, E. Effects of carboxymethyl cellulose and chitosan bilayer edible coating on postharvest quality of citrus fruit. **Postharvest Biology and Technology**. v.87, p. 21-26, 2014.
- ARNON, H. et al. Development of polysaccharides-based edible coatings for citrus fruits: A layer-by-layer approach. **Food Chemistry**, v. 166, p. 465–472, 2015.
- AQUINO, A. C. M. S.; AZEVEDO, M. S.; RIBEIRO, D. H. B.; COSTA, A. C. O.; Amante, E. R. Validation of HPLC and CE methods for determination of organic acids in sour cassava starch wastewater. **Food Chemistry**. v. 172, p. 725-730, 2015.

AZARAKHSH, N. et al. Lemongrass essential oil incorporated into alginate-based edible coating for shelf-life extension and quality retention of fresh-cut pineapple. **Postharvest Biology and Technology**, v. 88, p. 1–7, 2014.

BIERHALS, V. S.; CHIUMARELLI, M.; HUBINGER, M. D. Effect of Cassava Starch Coating on Quality and Shelf Life of Fresh-Cut Pineapple (*Ananas Comosus L. Merril cv “Pérola”*). **Journal of Food Science**, v. 76, n. 1, p. 62–72, 2011.

BOTREL, D. A.; SOARES, N. F. F.; CAMILLOTO, G. P.; FERNANDES, R. V. B. Revestimento ativo de amido na conservação pós-colheita de pera Williams minimamente processada. **Ciência Rural**, v. 40, n. 8, p. 1814-1820, 2010.

CASARIEGO, A. et al. Chitosan coating surface properties as affected by plasticizer, surfactant and polymer concentrations in relation to the surface properties of tomato and carrot. **Food Hydrocolloids**, v. 22, n. 8, p. 1452–1459, 2008.

CERQUEIRA, M. A. et al. Suitability of novel galactomannans as edible coatings for tropical fruits. **Journal of Food Engineering**, v. 94, n. 3-4, p. 372–378, 2009.

COSTA, T. L. E.; OLIVEIRA, T. A.; SANTOS, F. K. G.; AROUCHA, E. M. M; LEITE, R. H. L. Avaliação de coberturas comestíveis compostas por quitosana e argila no revestimento em tomates sob refrigeração pelo método dipping. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**. Revista Verde. v. 7, n. 5, p. 12-19, 2012.

CHIUMARELLI, M. et al. Fresh cut Tommy Atkins mango pre-treated with citric acid and coated with cassava (*Manihot esculenta Crantz*) starch or sodium alginate. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, v. 12, n. 3, p. 381–387, 2011.

CHIUMARELLI, M.; HUBINGER, M. D. Stability, solubility, mechanical and barrier properties of cassava starch - Carnauba wax edible coatings to preserve fresh-cut apples.

Food Hydrocolloids, v. 28, n. 1, p. 59–67, 2012.

CHIUMARELLI, M.; HUBINGER, M. D. Evaluation of edible films and coatings formulated with cassava starch, glycerol, carnauba wax and stearic acid. **Food Hydrocolloids**, v. 38, p. 20–27, 2014.

CHIEN, P. J.; SHEU, F.; LIN, H. R. Coating citrus (Murcott tangor) fruit with low molecular weight chitosan increases postharvest quality and shelf life. **Food Chemistry**. v. 100, n. 3, p. 1160-1164, 2007.

DAS, D. K.; DUTTA, H.; MAHANTA, C. L. Development of a rice starch-based coating with antioxidant and microbe-barrier properties and study of its effect on tomatoes stored at room temperature. **LWT - Food Science and Technology**, v. 50, n. 1, p. 272–278, 2013.

FALGUERA, V. et al. Edible films and coatings: Structures, active functions and trends in their use. **Trends in Food Science and Technology**, v. 22, n. 6, p. 292–303, 2011.

FERREIRA, F. A. B. et al. Effect of relative humidities on microstructural, barrier and mechanical properties of yam starch-monoglyceride films. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 52, n. 6, p. 1505–1512, 2009.

GONZÁLEZ-AGUILAR, G. A. et al. Preserving quality of fresh-cut products using safe technologies. **Journal fur Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit**, v. 5, n. 1, p. 65–72, 2010.

GHANBARZADEH, B.; ALMASI, H.; ENTEZAMI, A. A. Improving the barrier and mechanical properties of corn starch-based edible films: Effect of citric acid and carboxymethyl cellulose. **Industrial Crops and Products**. v. 33, n. 1, p. 229-235, 2011.

GUTIÉRREZ, T. J. et al. Structural and mechanical properties of edible films made from native and modified cassava starch and cassava starch. **Food Hydrocolloids**, v. 45, p. 211–217, 2015.

HAMZAH, H. M. et al. Carrageenan as an alternative coating for papaya (*Carica papaya* L. cv. Eksotika). **Postharvest Biology and Technology**, v. 75, p. 142–146, 2013.

HENRIQUE, C. M.; CEREDA, M. P.; SARMENTO, S. B. S. Características físicas de filmes biodegradáveis produzidos a partir de amidos modificados de mandioca. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 28, n. 1, p. 231–240, 2008.

JIANG, T. Effect of alginate coating on physicochemical and sensory qualities of button mushrooms (*Agaricus bisporus*) under a high oxygen modified atmosphere. **Postharvest Biology and Technology**, v. 76, p. 91–97, 2013.

KHAYANKARN, S. et al. Using electrolyzed oxidizing water combined with an ultrasonic wave on the postharvest diseases control of pineapple fruit cv. “Phu Lae”. **Crop Protection**, v. 54, p. 43–47, 2013.

KRISTO, E.; BILIADERIS, C. G. Physical properties of starch nanocrystal-reinforced pullulan films. **Carbohydrate Polymers**. V. 68, n. 1, p. 146-158, 2007.

KOTA, A. K.; CHOI, W.; TUTEJA, A. Superomniphobic surfaces: Design and durability. **MRS Bulletin**, v. 38, n. 05, p. 383–390, 2013.

LAFUMA, A.; QUÉRÉ, D. Superhydrophobic states. **Nature materials**, v. 2, n. 7, p. 457–460, 2003.

LEONEL, M. et al. Extração e Caracterização do Amido de diferentes genótipos de bananeira. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. Volume esp, p. 599–605, 2011.

LIMA, Á. M. et al. New edible coatings composed of galactomannans and collagen blends to improve the postharvest quality of fruits - Influence on fruits gas transfer rate. **Journal of Food Engineering**, v. 97, n. 1, p. 101–109, 2010.

LUCHESE, C. L. et al. Synthesis and characterization of biofilms using native and modified pinhão starch. **Food Hydrocolloids**, v. 45, p. 203–210, 2015.

MAFTOONAZAD, N. et al. Effect of pectin-based edible emulsion coating on changes in quality of avocado exposed to Lasiodiplodia theobromae infection. **Carbohydrate Polymers**, v. 68, n. 2, p. 341–349, 2007.

MARTINES, E. et al. Superhydrophobicity and Superhydrophilicity of Regular Nanopatterns. v. 3, n. Figure 1, p. 1–7, 2005.

OLIVAS, G. I.; MATTINSON, D. S.; BARBOSA-CÁNOVAS, G. V. Alginate coatings for preservation of minimally processed “Gala” apples. **Postharvest Biology and Technology**, v. 45, n. 1, p. 89–96, 2007.

PAGNO, C. H.; COSTA, T. M.H.; MENEZES, E. W.; BENVENUTTI, E. V.; HERTZ, P. F.; MATTE, C. R.; TOSATI, J. V.; MONTEIRO, A. R.; RIOS, A. O.; FLÔRES, S. H. Development of active biofilms of quinoa (*Chenopodium quinoa* W.) starch containing gold nanoparticles and evaluation of antimicrobial activity. **Food Chemistry**. v. 173, p. 755-762, 2015.

PRADO, M. E. T. et al. Transformações bioquímicas de abacaxi minimamente processado armazenado sob atmosfera modificada. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 26, n. 3, p. 428–432, 2004.

RAMALLO, L. A.; MASCHERONI, R. H. Quality evaluation of pineapple fruit during drying process. **Food and Bioproducts Processing**, v. 90, n. 2, p. 275–283, 2012.

RAMOS, M. J. M. et al. Qualidade sensorial dos frutos do abacaxizeiro “imperial” cultivado em deficiência de macronutrientes e de boro. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 32, n. 3, p. 692–699, 2010.

REIS, L. C. B. et al. Active biocomposites of cassava starch: The effect of yerba mate extract and mango pulp as antioxidant additives on the properties and the stability of a packaged product. **Food and Bioproducts Processing**, n. April, p. 1–10, 2014.

RIBEIRO, C. et al. Optimization of edible coating composition to retard strawberry fruit senescence. **Postharvest Biology and Technology**, v. 44, n. 1, p. 63–70, 2007.

SALABERRIA, A. M. et al. Role of chitin nanocrystals and nanofibers on physical, mechanical and functional properties in thermoplastic starch films. **Food Hydrocolloids**, v. 46, p. 93–102, 2015.

SAURABH, C. K.; GUPTA, S.; BAHADUR, J.; MAZUMDER, S.; VARIYAR, P. S.; SHARMA, A. Radiation dose dependent change in physicochemical, mechanical and barrier properties of guar gum based films. **Carbohydrate Polymers**. v. 98, n. 2, p. 1610-1617, 2013.

SANGSUWAN, J.; RATTANAPANONE, N.; RACHTANAPUN, P. Effect of chitosan/methyl cellulose films on microbial and quality characteristics of fresh-cut

cantaloupe and pineapple. **Postharvest Biology and Technology**, v. 49, n. 3, p. 403–410, 2008.

SHENG, Y. J.; JIANG, S.; TSAO, H. K. Effects of geometrical characteristics of surface roughness on droplet wetting. **Journal of Chemical Physics**, v. 127, n. 23, p. 0–7, 2007.

SIPAHI, R. E. et al. Improved multilayered antimicrobial alginate-based edible coating extends the shelf life of fresh-cut watermelon (*Citrullus lanatus*). **LWT - Food Science and Technology**, v. 51, n. 1, p. 9–15, 2013.

SUPAPVANICH, S.; PRATHAAN, P.; TEPSORN, R. Browning inhibition in fresh-cut rose apple fruit cv. Taaptimjaan using konjac glucomannan coating incorporated with pineapple fruit extract. **Postharvest Biology and Technology**, v. 73, p. 46–49, 2012.

TAIN, Y. G. et al. Determinación de las propiedades de calidad de la piña (*Ananas Comosus*) variedad Cayena Lisa almacenada a temperatura ambiente. (Spanish). **Determination of pineapple (*Ananas Comosus*) quality properties Cayena Lisa variety stored under environmental conditions. (English)**, v. 20, n. 1, p. 62–65, 2011.

TALENS, P. et al. Application of edible coatings to partially dehydrated pineapple for use in fruit-cereal products. **Journal of Food Engineering**, v. 112, n. 1-2, p. 86–93, 2012.

TANADA-PALMU, P. S.; GROSSO, C. R. F. Effect of edible wheat gluten-based films and coatings on refrigerated strawberry (*Fragaria ananassa*) quality. **Postharvest Biology and Technology**, v. 36, n. 2, p. 199–208, 2005.

TOKITOMO, Y. et al. Odor-active constituents in fresh pineapple (*Ananas comosus* [L.] Merr.) by quantitative and sensory evaluation. **Bioscience, biotechnology, and biochemistry**, v. 69, n. 7, p. 1323–1330, 2005.

VALENCIA-CHAMORRO, S. A. et al. Effect of antifungal hydroxypropyl methylcellulose (HPMC)-lipid edible composite coatings on postharvest decay development and quality attributes of cold-stored “Valencia” oranges. **Postharvest Biology and Technology**, v. 54, n. 2, p. 72–79, 2009.

VALERO, D. et al. Effects of alginate edible coating on preserving fruit quality in four plum cultivars during postharvest storage. **Postharvest Biology and Technology**, v. 77, p. 1–6, 2013.

VIÑA, S. Z. et al. Effects of polyvinylchloride films and edible starch coatings on quality aspects of refrigerated Brussels sprouts. **Food Chemistry**, v. 103, n. 3, p. 701–709, 2007.

MODIFIED ATMOSPHERE GENERATION BY BIODEGRADABLE POUCHES OF JACKFRUIT SEED- AND YAM-BASED STARCHES FOR BLUEBERRY PACKAGING

Abstract

Non-conventional sources of starch, such as yam and jackfruit seed starches, could be used to produce modified atmosphere with good properties such as the petroleum-based films. Thus, the aim of this research was to evaluate the use of yam and jackfruit seed starches to develop films to produce pouches able to generate a modified atmosphere for blueberry packaging. Square shaped (10 cm x 10 cm) pouches were made from jackfruit seed- and yam-based based and petroleum-based films and heat-sealed. Starch-based and LDPE pouches were filled with ~ 40 g of 'Highbush' blueberries and maintained at 5 ± 0.5 °C and $90 \pm 2\%$ RH. Fruits were evaluated each 3 days for 9 days for weight loss, headspace composition (O_2 and CO_2), soluble solids, titratable acidity, ratio and pH. The quality parameters of blueberries kept inside jackfruit seed and yam starches pouches did not differ from those kept into LDPE pouches. However, in biodegradable pouches the respiratory quotient increased at the end of storage period. Biodegradable films made from jackfruit seed and yam starches have potential to be used for generation of modified atmosphere for fruit packaging. However, it needed to deep research on biodegradable films to assure the adjustment of properties for modified atmosphere generation that can be applied for other fruits.

Keywords: *Dioscorea cayennensis*, Biodegradable films, O_2 , CO_2 , RQ

1. Introduction

Most traditional packaging materials derived from petroleum-based polymers are practically non-biodegradable and results in environmental pollution (Liang et al., 2017). Petroleum-based plastics

such as Linear Low-Density Polyethylene, Polypropylene, and Low Density Polyethylene are current materials widely used for pouches. However, environmental concerns caused by the use of these non-renewable and non-biodegradable packaging materials directed a growing interest towards biodegradable alternatives originated from renewable sources (Gartner et al., 2015). Thus, biodegradable packaging can be an important solution for the future, since the trend of consumer demands is the minimal waste packaging (Eagle, 2015), due to the growing need to minimize the deposition of non-degradable solid residues in the environment (Brandelero et al., 2010).

In this context, hydrocolloids are important biodegradable sources that include proteins, cellulose derivatives, alginate, pectin, starches and other polysaccharides (Villacrés et al., 2014). Polysaccharides can be used for the formulation of edible coatings and films, which must be neutral with respect to color and flavor (Guerreiro et al., 2015). Those hydrocolloids constitute a tridimensional network or matrix capable of self-support (Villacres et al., 2014). Among them, carbohydrate-based edible films that have good film-forming capability due to their unique colloidal properties, are particularly attractive (Ghasemlou et al., 2013).

Starch is the most used raw material in agriculture due to its relatively low cost, wide availability and ease handling (Ghasemlou et al., 2013). Currently, several studies report the use of starches from different sources to prepare films and coatings with different properties (Abreu et al., 2015; Basiak et al., 2017; Garcia-Hernandez et al., 2017; Liu et al., 2016; Ashwar et al., 2015; Borges et al., 2015; Colussi et al., 2017; Kaur et al., 2017; Vargas et al., 2017; Podshivalov et al., 2017; Zhang et al., 2015; Edhirej et al., 2017; Jaramillo et al., 2015; Pineros-Hernandez et al., 2017; Shapi e Othman, 2016). However, there is not much information available approaching the application of starch-based films (Dutta et al., 2011) to produce pouches for modified atmosphere generation.

Non-conventional sources of starch, such as yam and jackfruit seed starches, could be used to produce films with suitable properties compared with petroleum-based commercial films. The interest in studies exploring non-conventional sources of starch are relevant due to of their potential use in food systems (Madrigal-Aldana et al., 2011). In addition, the increasing demand for new products has

imposed on food industry the use of starches with characteristics such as transparency and stability, which have directed researches for new sources of native starches with differentiated physicochemical characteristics (Madruga et al., 2014). Unconventional sources of starch such as yam (*Dioscorea cayennensis*) have been exploited with respect to technological properties (Alcázar-alay; Meireles, 2015). Jackfruit (*Artocarpus heterophyllus* Lam.) is an abundant fruit in Northeast Brazil, composed of 15 to 25% of seeds that are considered as waste (Madruga et al., 2014). Jackfruit have seeds with high starch content (93%) with around 24 amylose (ZHANG et al, 2016).

Pouches made from biodegradable film have emerged to be used for fruit packaging. (Mali et al., 2002; Giuggioli et al., 2017) and coatings (Rodrigues et al., 2018). However there is no information available on the use of yam- and jackfruit seed starches biodegradable pouches, and it is a new use for yam starch and the seeds from jackfruit, that is a residue. Based on that, this study explores the alternative of using biodegradable starch-based pouches for modified atmosphere generation. The aim of this research was to evaluate the potential to use yam- and jackfruit seed- starch pouches to generate modified atmosphere for blueberry packaging.

2. Materials and Methods

2.1. Materials

2.1.1. Plant material

Highbush blueberries (*Vaccinium corymbosum* L., Elliott), packaged in vented containers, were transported in ice coolers from the grocery store to the School of Packaging of Michigan State University and stored at 7°C for 24 h prior sorting. Blueberries were sorted for similar color and sized, while damaged or rotted fruits were discarded.

2.1.2. Starches sources

Commercial yam (*Dioscorea cayennensis*) tuber was used for the extraction of starch. The tuber was peeled off and the pieces were cut into small cubes and homogenized in a blender. The resultant slurry was packed into a thin cloth and placed into bidistilled water inside a bucket. The mass into the cloth

was continuously hand squeezed to transfer the starch into the water. The starch was allowed to settle at the bucket bottom at 10 °C, and the supernatant was decanted. Further rinsing of the starch with bidistilled water, settling of the starch granules and decantation of the supernatant was performed to remove the soluble impurities. This process was repeated until the supernatant was as clear as the distilled water. The wet starch was spread out on trays and oven dried at 50 °C for 12 hours until reaching a residual moisture of 21.5% and was milled to a fine powder by a micro mill .

Jackfruit (*Artocarpus heterophyllus*) was harvested at commercial maturity and the seeds were removed from the mucilage and dried in the shade, and following the aril and spermoderm were peeled off. The peeled seeds were ground three times with bidistilled water followed by filtration, and the residue was crushed again in a multiprocessor for 3 minutes. The slurry was pressed through multiple thin cloth to remove seed fibers. The resulting milking suspension was decanted at 10°C and re-washed with bidistilled water to eliminate soluble sugars. This process was repeated till the supernatant was as clear as the bidistilled water. The supernatant was drained and the starch was oven dried at 50°C for 24 h. The starch was milled to a fine powder by a micro mill and residual moisture of 10%. Glycerol used on this study was purchased from MSU chemical store, Chemical Department, Michigan State University.

2.2. Methods

2.2.1. Production of the starch-based pouches

2.2.2. Film preparation and packaging

The films were prepared by mixing yam starch powder (3 g.100⁻¹g filmogenic solution) or jackfruit seed starch powder (3 g.100⁻¹g filmogenic solution) with distilled water during 60 seconds using a homogenizer (Polytron Kinematica Inc, OH, USA). Starch-water solutions were heated up to 80 °C. and maintained at 80 °C for 5 min, with regular blending (100 rpm). Glycerol (1.3 g/100 g filmogenic solution) was added into the starch-water solutions at 60 °C. The process was carried on three times. The films were prepared by casting and gelatinized suspensions were immediately poured on square (10 cm x 10 cm) glass plate. The starch-glycerol suspensions were dried overnight at room conditions.

2.2.2.1. Pouches formation and sealing

The films were cut in square shaped pouches (100 mm x 100 mm) and heat-sealed. Pouches with the same dimensions were also made from commercial petroleum-based LPDE film. Starch-based and LDPE pouches were sealed with a manual heat sealer (5mm 12", MMS-305, Technopack Corp., Sunrise, FL, USA) for 3 seconds at 150°C. First three sides of each pouch were sealed. The fourth side was sealed after filling the pouches with blueberries.

2.2.3. Packaging and storage

Starch-based and LDPE pouches were filled with ~ 40 g of blueberries inside a safety cabinet (Class II Biological Safety Cabinet, Esco, Singapore) and sealed according to the above described. Starch-based and LDPE pouches had a total surface area of 100 cm². Packages were maintained at 5 ± 0.5 °C and 90 ± 2% RH., mimicking domestic refrigerator conditions.

2.2.4. Produce characterization

Weight loss, microbial growth, and pouch headspace composition were evaluated each day, while firmness, soluble solids and titratable acidity contents, pH, were assessed every 3 days. In all cases, 3 pouches of each material were used for evaluations.

2.2.4.1. Physicochemical characterization

2.2.4.1.1. Pouch headspace composition

The headspace composition of the pouches (O₂ and CO₂ levels) was monitored during storage. Gas samples (100 µL) were withdrawn through the septum of the package and immediately injected in an infrared gas analyzer (model 225-MK3; Hoddesdon, England) operated in a flow-through mode with N₂

as the carrier gas and a flow rate of 100 mL min⁻¹. CO₂ and O₂ concentration were expressed as percentage.

2.2.4.1.2. Weight loss

Percent weight loss of the blueberries was determined by weighing the packages containing blueberries over time as well as the packages prior to filling with an Adventurer Pro Precision Balance (OHAUS, Pine Brook, NJ, USA) and results was expressed in %.

2.2.4.1.3. Soluble solids content (SS) and pH

Approximately 25 g of blueberries were blended in a commercial blender (2 speed, BB150 bar blender, Waring Commercial, Torrington, CT, USA) for 30 s. Soluble solids and pH in the juice were determined using a refractometer (PAL-1, Atago, Tokyo, Japan) and a pH meter (S220 SevenCompactTM pH/Ion, Mettler Toledo, Columbus, OH, USA), respectively. The mixture was kept at approximately 0 °C to avoid enzymatic degradation of the sample. Three measurements were taken for each sample and the results expressed as % and units of pH for SSC and pH, respectively.

2.2.4.1.4. Titratable acidity (TA)

Approximately 5 g of the blueberry juice and 45 mL of distilled water were blended using the aforementioned commercial blender. The acidity of the mixture was measured by titration with 0.1 N NaOH to an end point of pH 8.2 using the aforementioned pH meter. Three measurements were taken for each sample and the results expressed as % of TA.

2.2.4.2. Statistical analysis

3. Results and discussion

The titratable acidity (TA) of the blueberries presented a small variation during storage. Fruits packed in starch biodegradable pouches, presented a small decline in the titratable acidity, while fruits inside LDPE pouches presented a small increase in TA. The titratable acidity of blueberries packed in LDPE pouches was around 0.80 %, while the TA of fruits kept into starch biodegradable pouches was 0.67 % at the end of storage (Fig. 1). Abugoch et al. (2015) evaluating the influence of quino aprotein/chitosan/sunfloweroil edible film on shelf-life of blueberries reported small variations over time. No variation in the pH was observed in blueberries during the storage, nor was observed difference in pH among packages. Studying the quality attributes is important since they are component of flavor, which is composed of sugars, organic acids and aromatic compounds (Almenar et al., 2009).

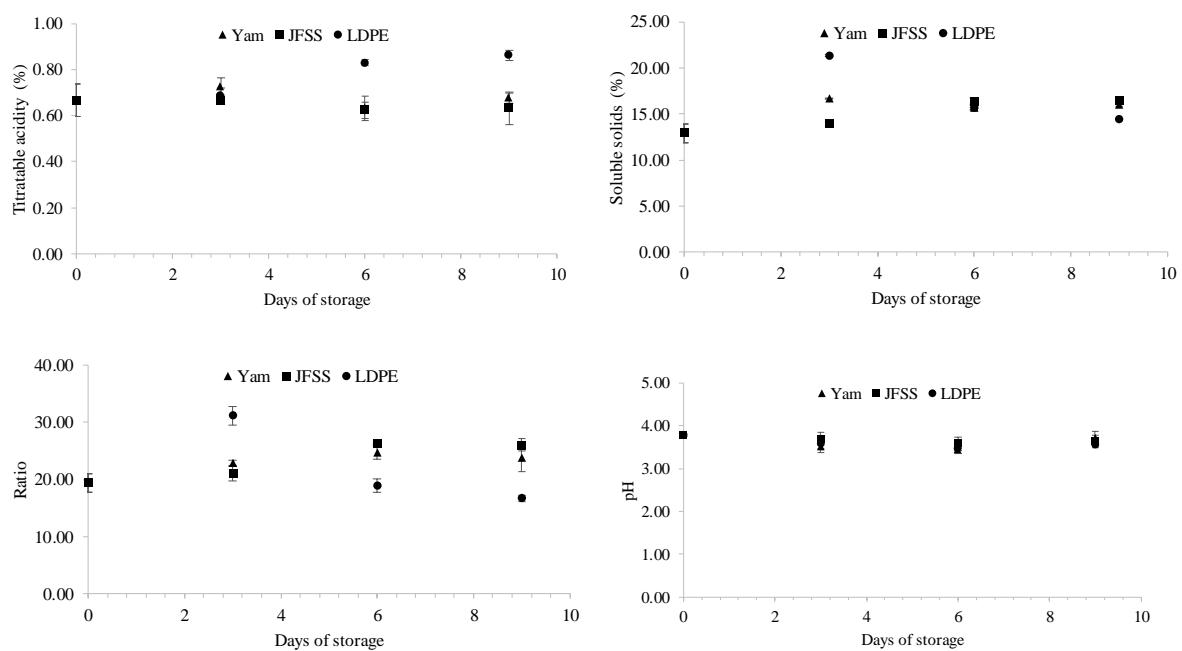


Fig 1. Titratable acidity (%), soluble solids (%), ratio titratable acidity and soluble solids and pH in blueberries stored in YAM, JFSS and LDPE pouches during 9 days, storage at $5 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ and $90 \pm 2\%$ RH.

Carbon dioxide content in the packages increased with the storage period. For the LDPE packages, the equilibrium atmosphere was reached from the 3rd day, with a percentage of CO₂ around 5%. Biodegradable films are less permeable to CO₂ and apparently the steady state atmosphere was also reached around three days (Fig. 2). However, at the end of the storage the CO₂ content increased, which may be indicative of fermentation. The accumulation of CO₂ is the main factor that influence fermentation in fruits (Beaudry, 1993).

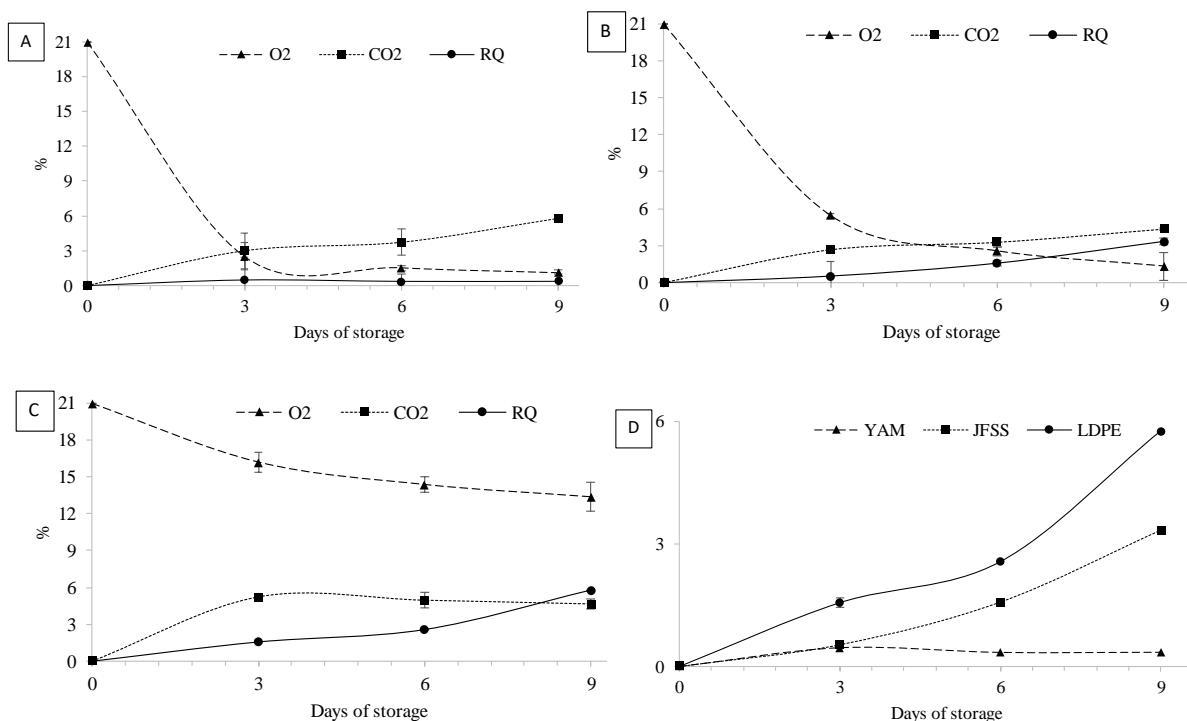


Fig 2. Carbon dioxide (%), oxygen (%) from YAMS pouches (A), JFSS pouches (B), LDPE pouches (C) and respiratory quotient (D) of 'Highbush' blueberries stored in biodegradable YAM-, JFSS-based starches and LDPE porches during 9 days, storage at 5 ±0,5 °C and 90 ± 2% RH.

In turn, the O₂ content inside the packages has decreased during storage. LDPE packages presented higher percentage of O₂, and steady state atmosphere was reached around 15 % oxygen (Fig. 2). On the other hand, biodegradable packages based on JFSS and Yam starch have proved to be good barriers for O₂. Regardless of the type of starch used to make the pouches, the steady state atmosphere

was established with a percentage of O₂ around 2 %, indicating the low permeability to O₂. Thus, apparently, JFSS films have a lower permeability to O₂.

The respiratory quotient has increased over time for fruits packed in biodegradable starch-based pouches, which may be indicative of fermentation. In turn, the respiratory quotient obtained for the LDPE packages was 1.56 at 3 days storage.

The weight loss of the packed blueberries increased during storage, mainly for biodegradable starch-based films, reaching about 4% at the 9th day at 5 ±0,5 °C and 90 ± 2% RH (Fig. 3). Abugoch et al. (2015) studding coated blueberries with biodegradable edible films, they have found coating decreases the weight loss of blueberry.

Based on the hierarchical cluster-, color map, and principal components analysis (PCA), three groups were formed (Fig 3): I (YAM, JFSS and LDPE, all in the 0 day of storage); II (LDPE at 6th day and LDPE at 9th day of storage) and III (YAM, JFSS and LDPE, at 3rd day, YAM and JFSS, at 6th day and YAM and JFSS at 9th day of storage). There was a clear separation of the groups due to the storage period. Group I was characterized by high O₂ content and similar quality characteristics for fruits of all coatings. Group II was formed mainly due to O₂ and CO₂ contents that were maintained inside the package and group III was formed, mostly due to the quality characteristics (SS, SS;TA Ratio) and WL and RQ, which grouped mostly the biodegradable porches due to the higher values.

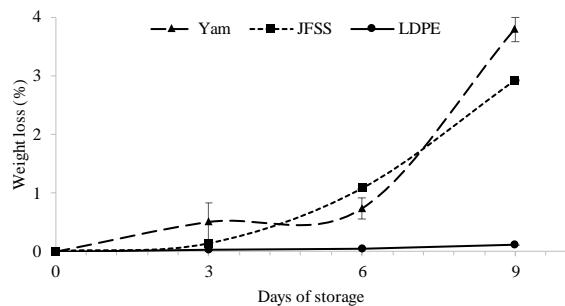


Fig 3. Weight loss of 'Highbush' blueberries stored in biodegradable YAM-, JFSS-based starches and LDPE pouches during 9 days, storage at $5 \pm 0,5$ °C and $90 \pm 2\%$ RH.

Biodegradable packages based on jackfruit- and yam-based starches have similar appearance to commercial LDPE petroleum-based pouches. Both have good transparency, an important issue for packing vegetable products, since it allows consumers to see the product inside the package. Furthermore, the biodegradable pouches are flexible, have good sealing properties and are resistant to pack inside small fruits such as blueberries. The blueberries stored inside the starch-based biodegradable pouches had similar appearance when compared with LDPE pouches.

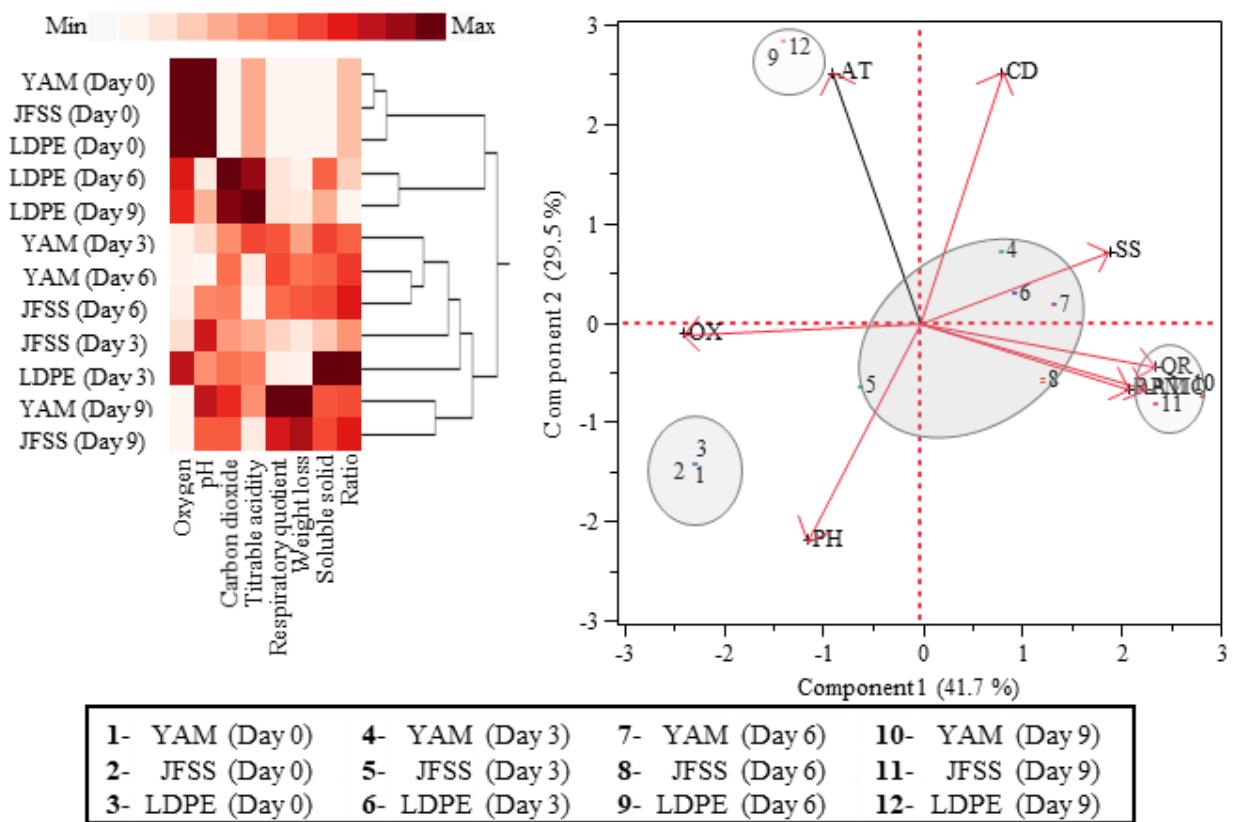


Fig 4. Hierarchical cluster (HCA), color map and principal components analysis (PCA) of the loadings and scores of PC1 and PC2 of O₂, pH, CO₂, titratable acidity (TA), respiratory quotient (RQ), weight loss (WL), soluble solids (SS)and ratio in blueberries stored in YAM, JFSS and LDPE pouches during 9 days storage at 5 ±0,5 °C and 90 ± 2% RH

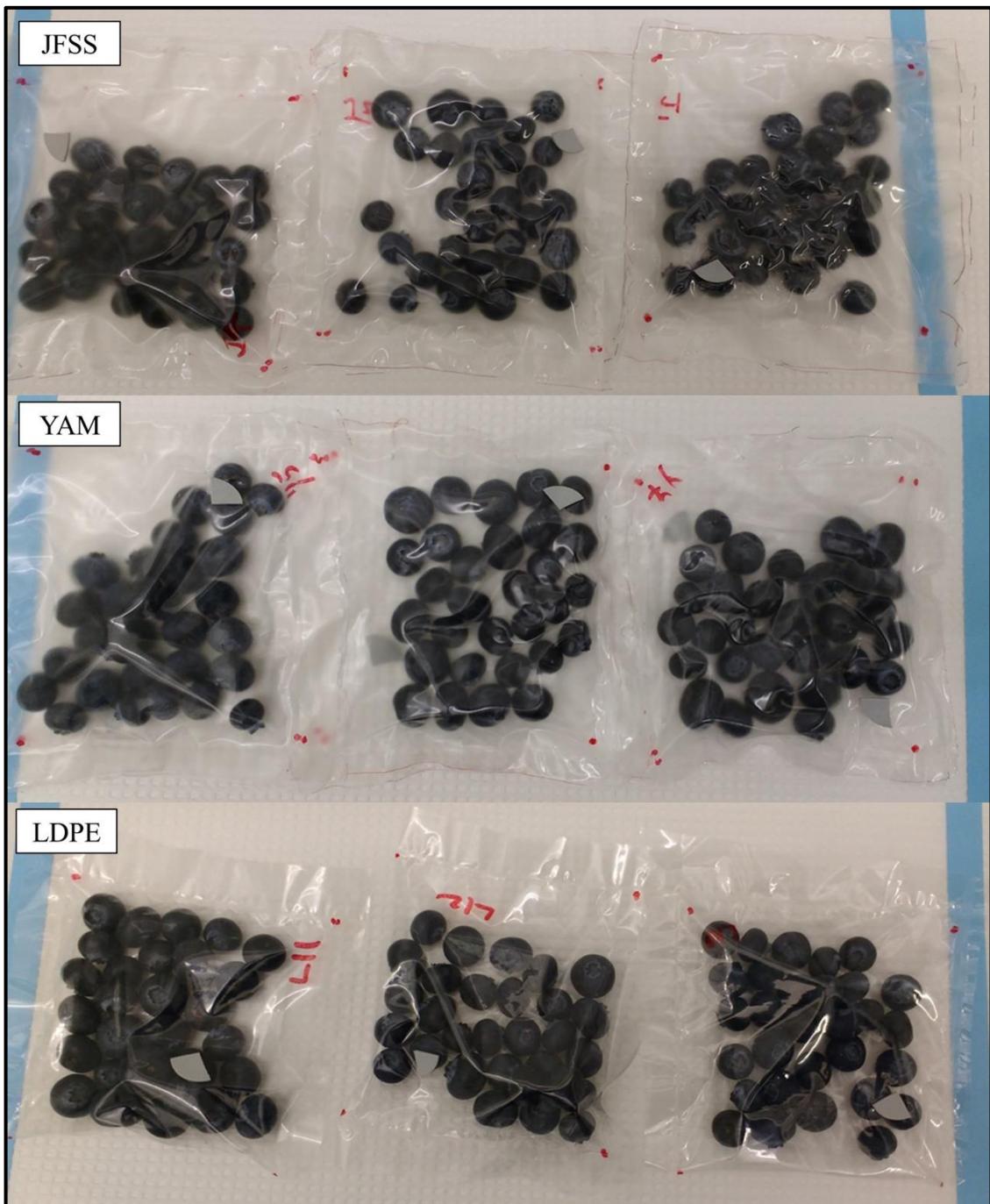


Fig 5. 'Highbush' blueberry packed into biodegradable YAM- and JFS- based starches and LDPE pouches at 9 days storage at $5 \pm 0,5$ °C and $90 \pm 2\%$ RH.

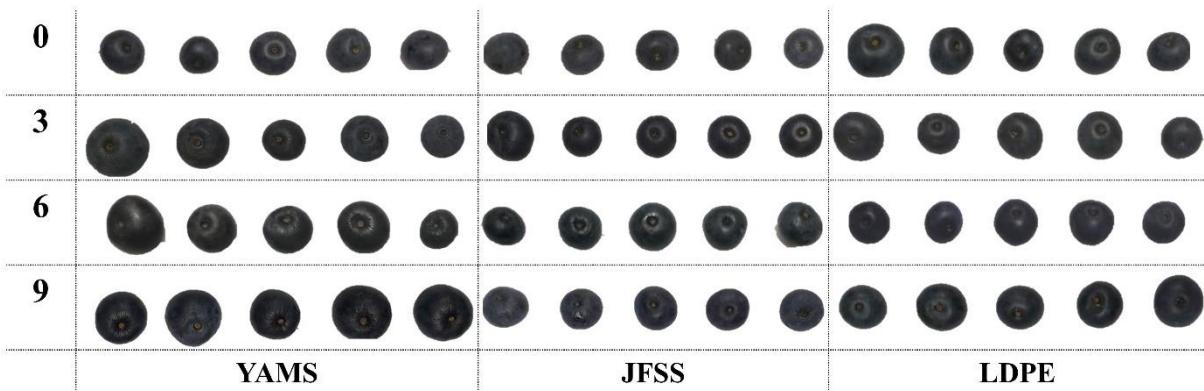


Fig 6. ‘Highbush’ blueberry packed into biodegradable YAM- and JFS- based starches and LDPE pouches for 9 days storage at $5 \pm 0,5$ °C and $90 \pm 2\%$ RH.

4. Conclusion

The quality parameters of ‘Highbush’ blueberries maintained inside jackfruit seed- and yam-starch pouches did not differ when compared with blueberries kept in LDPE pouches. Biodegradable pouches could be a possibility to be used for modified atmosphere generation for fruit packaging. However, it needed to deep research on biodegradable films to assure the adjustment of properties for modified atmosphere generation that can be applied for other fruits.

Acknowledgements

The authors thank the CNPq (Proc. 403847/2013-3 and 401515/2014-1) for the financial support, and Capes (PDSE 99999.010621/2014-08) for the fellowship to George H.C. Guimarães.

References

- Abreu, A. S., Oliveira, M., Sá, A., Rodrigues, R. M., Cerqueira, M. A., Vicente, A. A., & Machado, A. V. (2015). Antimicrobial nanostructured starch-based films for packaging. *Carbohydrate Polymers*, 129, 127–134. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2015.04.021>

Abugoch, L., Tapia, C., Plasencia, D., Pastor, A., Castro-Mandujano, O., Escalona, V.H. (2015).

Shelf-life of fresh blueberries coated with quinoa protein/chitosan/sunflower oil edible film.

JSciFoodAgric. DOI10.1002/jsfa.7132

Alcázar-Alay, S.C.; Meireles, M.A.A. (2015). Physicochemical properties, modifications and applications of starches from different botanical sources. Food Science and Technology, Campinas, v.35, n.2, p.215-236.

Almenar, E., Samsudin, H., Auras, R., Harte, J. (2010). Consumer acceptance of fresh blueberries in bio-based packages. J Sci Food Agric. 90, 1121–1128. DOI 10.1002/jsfa.3922

Ashwar, B. A., Shah, A., Gani, A., Shah, U., Gani, A., Wani, I. A., & Masoodi, F. A. (2015). Rice starch active packaging films loaded with antioxidants-development and characterization. Starch/Stärke, 67(3–4), 294–302. <https://doi.org/10.1002/star.201400193>

Basiak, E., Lenart, A., & Debeaufort, F. (2017). Effect of starch type on the physico-chemical properties of edible films. International Journal of Biological Macromolecules, 98, 348–356. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2017.01.122>

Beaudry, R. M. (1993). Effect of carbon dioxide partial pressure on blueberry fruit respiration and respiratory quotient. Postharvest biology and technology, 3 (1993) 249-258.

Borges, J. A., Romani, V. P., Cortez-Vega, W. R., & Martins, V. G. (2015). Influence of different starch sources and plasticizers on properties of biodegradable films. International Food Research Journal, 22(6), 2346–2351.

Colussi, R., Pinto, V. Z., El Halal, S. L. M., Biduski, B., Prietto, L., Castilhos, D. D., & Dias, A. R. G. (2017). Acetylated rice starches films with different levels of amylose: Mechanical, water vapor barrier, thermal, and biodegradability properties. Food Chemistry, 221, 1614–1620.
<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.10.129>

Dutta, H., Paul, S. K., Kalita, D., & Mahanta, C. L. (2011). Effect of acid concentration and treatment time on acid-alcohol modified jackfruit seed starch properties. Food Chemistry, 128(2), 284–291.
<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.03.016>

Edhirej, A., Sapuan, S. M., Jawaid, M., & Zahari, N. I. (2017). Effect of various plasticizers and concentration on the physical, thermal, mechanical, and structural properties of cassava-starch-based films. Starch/Staerke, 69(1–2), 1–11. <https://doi.org/10.1002/star.201500366>

Garcia-Hernandez, A., Vernon-Carter, E. J., & Alvarez-Ramirez, J. (2017). Impact of ghosts on the mechanical, optical, and barrier properties of corn starch films. Starch/Staerke, 69(1–2), 1–7.
<https://doi.org/10.1002/star.201600308>

Gartner, H., Li, Y., & Almenar, E. (2015). Improved wettability and adhesion of polylactic acid/chitosan coating for bio-based multilayer film development. Applied Surface Science, 332, 488–493. <https://doi.org/10.1016/j.apsusc.2015.01.157>

Ghasemlou, M., Aliheidari, N., Fahmi, R., Shojaee-Aliabadi, S., Keshavarz, B., Cran, M. J., & Khaksar, R. (2013). Physical, mechanical and barrier properties of corn starch films incorporated with plant essential oils. *Carbohydrate Polymers*, 98(1), 1117–1126.
<https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2013.07.026>

Giuggioli, N. R., Girenti, V., Peano, C. (2016). Qualitative Performance and Consumer Acceptability of Starch Films for the Blueberry Modified Atmosphere Packaging Storage. *Pol. J. Food Nutr. Sci.*, 2017. 67 (2), 129–136.

Guerreiro, A. C., Gago, C. M. L., Faleiro, M. L. Miguel, M. G. C., Antunes, M. D. C. (2015). The effect of alginate-based edible coatings enriched with essential oils constituents on *Arbutus unedo* L. fresh fruit storage. *Postharvest Biology and Technology* 100 (2015) 226–233.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.postharvbio.2014.09.002>

Jaramillo, C. M., González Seligra, P., Goyanes, S., Bernal, C., & Famá, L. (2015). Biofilms based on cassava starch containing extract of yerba mate as antioxidant and plasticizer. *Starch/Staerke*, 67(9–10), 780–789. <https://doi.org/10.1002/star.201500033>

Kaur, M., Kalia, A., & Thakur, A. (2017). Effect of biodegradable chitosan-rice-starch nanocomposite films on post-harvest quality of stored peach fruit. *Starch/Staerke*, 69(1–2).
<https://doi.org/10.1002/star.201600208>

Liu, C., Jiang, S., Zhang, S., Xi, T., Sun, Q., & Xiong, L. (2016). Characterization of edible corn starch nanocomposite films: The effect of self-assembled starch nanoparticles. *Starch/Staerke*, 68(3–4), 239–248. <https://doi.org/10.1002/star.201500252>

Liang, J., Yan, H., Zhang, J., Dai, W., Gao, X., Zhou, Y., Wan, X., Puligundla, P. (2017). Preparation and characterization of antioxidant edible chitosan films incorporated with epigallocatechin gallate nanocapsules. *Carbohydrate Polymers*, 171, 300–306. <http://dx.doi.org/10.1016/j.carbpol.2017.04.081>

Mali, S., Grossmann, M. V. E., Garcia, M. A., Martino, M. N., & Zaritzky, N. E. (2002). Microstructural characterization of yam starch films. *Carbohydrate Polymers*, 50(4), 379–386. [https://doi.org/10.1016/S0144-8617\(02\)00058-9](https://doi.org/10.1016/S0144-8617(02)00058-9)

Podshivalov, A., Zakharova, M., Glazacheva, E., & Uspenskaya, M. (2017). Gelatin/potato starch edible biocomposite films: Correlation between morphology and physical properties. *Carbohydrate Polymers*, 157, 1162–1172. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2016.10.079>

Rodrigues, A. A.M., Silva, S. M., Dantas, A. L., Silva, A. F., Santos, L. S., Moreira, D. N. 2018. Physiology and postharvest conservation of ‘Paluma’ guava under coatings using jack fruit seed-based starch. *Revista Brasileira de Fruticultura*. 40, 01-08. <https://dx.doi.org/10.1590/0100-29452018352>

Vargas, C. G., Costa, T. M. H., Rios, A. de O., & Flôres, S. H. (2017). Comparative study on the properties of films based on red rice (*Oryza glaberrima*) flour and starch. *Food Hydrocolloids*, 65, 96–106. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2016.11.006>

Villacrés, R. A. E., Flores, S. K., Gerschenson, L. N. (2014). Biopolymeric antimicrobial films: Study of the influence of hydroxypropyl methylcellulose, tapioca starch and glycerol contents on physical properties. *Materials Science and Engineering C*. 36, 108–117.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.msec.2013.11.043>

Zhang, Y., Zhu, K., He, S., Tan, L., & Kong, X. (2016). Characterizations of high purity starches isolated from five different jackfruit cultivars. *Food Hydrocolloids*, 52, 785–794.
<https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2015.07.037>

JACKFRUIT STARCH COATING DELAYS VOLATILE RELEASE AND MAINTAINS AROMA OF 'HADEN' MANGO

Abstract: Mango (*Mangifera indica L.*) is one of the most important tropical fruit around the world and the aroma is often referred as the most significant characteristic for determining its quality. The biodegradable coatings have recently emerged as an innovative, sustainable and effective solution to maintain fruit quality. These coatings can be prepared using starch sources from waste material, such as jackfruit seeds. However, there is no information on volatiles release and aroma quality in coated mangoes. Thus, the aim of this research was to evaluate how the coating acts on the volatile release in 'Haden' mangoes coated with jackfruit seed starch (JFSS). Based on that, mangoes fruit were coated with JFSS dispersion (J); with JFSS added with macaíba oil (JMO), both groups were coated for one minute and were dried under ambient conditions and untreated set as 'Control'. The mango fruit were stored at room conditions (23 ± 2 oC and 72 ± 3 % RH) for 9 days and evaluated each three days (0, 3, 6, and 9). The release of volatile compounds was evaluated at 0, 4, 8, 16, 32 and 64 minutes of incubation time at each day of analyses. At the end of the experiment (the 9th day), coated mangoes fruit were washed and evaluated the influence of the washing process on volatiles release. The current study highlights the influence of coatings acting as a gradual volatile compounds release affecting aroma maintenance and quality of 'Haden' mangoes. The release of the volatiles in mango gradually increased or decreased during time and was compound-dependent. Based on the results, the coatings can be an effective alternative to preserve typical aroma volatiles in mango. Lastly, the washing process allowed the release of volatiles trapped into the fruit under the coatings. Therefore, coating with JFSS can become an alternative to preserve specific volatiles compounds and maintaining quality of 'Haden' mango.

Keywords: *Mangifera indica*; biodegradable coating; jackfruit seed starch; modified atmosphere; fruit quality; volatile profile

1. Introduction

Mango (*Mangifera indica* L.) is one of the most consumed tropical fruit due to its delicate taste, attractive color, pleasant aroma and high nutritional value (KUMAR and RAM, 2018; SALINAS-ROCA et al., 2018). Its exquisite characteristic flavor is the main factor affecting consumers' preferences (ALI et al., 2018; BONNEAU et al., 2018). In fact, fruit aroma is often the most significant factor determining the fruit quality and consumer acceptability and often chosen as a best indicator of fruit flavor (BAIETTO and WILSON, 2015).

In mango fruit, aroma can be maintained through modified atmosphere packaging (MAP). The main goal in MAP systems is to generate an atmosphere sufficiently low in oxygen and high in CO₂ to avoid the risk of fermentation but satisfactorily reducing metabolic rates of the packed product seeking to increase storability (BEAUDRY, 2000) and maintain quality. Packaging based on petroleum materials such as low density polyethylene, polyethylene terephthalate (PET) and polystyrene (PS) are commonly used for fresh produce (ALMENAR et al., 2008). However, environmental concerns caused by the use of these non-renewable and non-biodegradable packaging materials have directed growing interest toward biodegradable alternatives, originated from renewable sources (GARTNER et al., 2018). In this direction, unconventional sources of starch such as jack fruit seed starch have been exploited with respect to coating properties (RODRIGUES et al., 2018). Jackfruit (*Artocarpus heterophyllus* Lam.) is an abundant fruit in Northeast Brazil (OLIVEIRA et al., 2018), where 15 to 25% of seeds are considered as waste. Jackfruit seeds have high starch content (about 93%) with around 32% of amylose (ZHANG et al., 2016).

The use of biodegradable films and coatings has recently emerged as an innovative and effective solution to maintain quality of horticultural produce (AZEREDO et al., 2016; THAKUR et al., 2018). Biodegradable coatings act as a physical barrier on the fruit that may interfere in fruit physiology (SALVIA-TRUJILLO et al., 2015), and can modify the volatile production in fruit (SILVA et al., 2016). However, the effectiveness in maintaining quality is assured when the technique applied preserve the typical sensory characteristics and important volatile compounds during postharvest (GUIMARÃES et al., 2018). In mango fruit, monoterpenes and sesquiterpenes are the major volatile compounds, representing 70–90% of the total volatiles (SINGH and SAINI, 2014). Based on that, studies focusing on specific volatiles compounds that are part of fruit aroma can bring information about fruit quality.

In turn, composition, type of biopolymers and physical properties may affect the retention (PICCONE et al., 2011) and emission of the aroma compounds. Thus, the measurement of aroma volatiles production in a time-course from the beginning of the incubation time would provide better understanding of the flavor quality of fruit (SINGH and SAINI, 2014). However, there are no studies on the relationship between volatiles release and coatings applied as barrier in mangoes. Furthermore, essential oils have been applied seeking to control incidence of disease and maintaining quality of mangoes (AZEREDO et al., 2016). Based on that, high quality palm fruit oil (COIMBRA and JORGE, 2012), such as macaíba (*Acrocomia intumescens*) may improve the coating properties providing lower mass losses and, thus, fruits of better appearance and longer shelf life.

In general, starch-based edible films have been shown as affective barriers to gases (O_2 , CO_2), water vapor, oils, solutes, and volatile (VILLACRÉS et al., 2014; RODRIGUES et al., 2018), maintaining specific mango's volatiles compounds and changing their time release. Furthermore, the consumer-driven high-value export markets demand fruits of superior quality with special attention to aroma (SINGH and SAINI, 2014). Thus, the aim of

this research was evaluate how the coating acts changing volatile compounds release of 'Haden` mango coated with jackfruit seed starch.

2. Materials and Methods

2.1 Materials

Mango fruit (*Mangifera indica* L.) cv. 'Haden' were purchased from a local supermarket in Okemos – MI, USA at the commercial maturity. Starch from jackfruit (*Artocarpus heterophyllus*) seeds was obtained following Rodrigues et al. (2018). Jackfruit were harvest at commercial maturity and the seeds were removed from the mucilage and dried in the shade and following the aril and spermoderm were removed. The peeled seeds were grounded three times with distilled water followed by filtration, and the residue was crushed again in a multiprocessor for 3 minutes. Then, the slurry was pressed through multiple thin clothes to remove seed fibers. The resulting milking suspension was decanted at 10°C and rewashed with distilled water to eliminate soluble sugars. This process was repeated until the supernatant was as clear as the distilled water. The supernatant was drained, and the starch was oven dried at 50°C for 24 h. The starch was milled to a fine powder by a micro mill and residual moisture of 17%. Macaíba (*Acronomia intumescens*) oil was extracted by cold pressing from macaíba almonds, followed by filtration and storage under low temperature. Glycerol used on this work was purchased from MSU chemical store, Chemical Department, Michigan State University, East Lansing-MI, USA.

2.2 Materials

2.2.1 Preparation of coating solutions

The coatings were prepared by mixing jackfruit seed starch (JFSS) powder (3 g.100⁻¹g filmogenic solution) with distilled water during 60 seconds using a homogenizer (Polytron Kinamatica Inc, OH, USA). The JFSS-water solutions were heated up and maintained at 80°C

for 5 min, with regular shaking (100 rpm). For coatings added with MO, the oil was mixed with glycerol and after that with MO and Tween 40[®] (ultrassonded for 1 min 60 % amplitude and 4 min 80 % amplitude). The MO and Tween 40[®] were mixed with 20 % of the total water volume, glycerol (1.0 g/100 g filmogenic solution) and following added into the JFSS-water solutions at 60°C.

2.2.2. Coating of fruits

Mango fruit at the commercial maturity free of diseases and damages were selected for the experiment. After cleaned by 100 mg L⁻¹ NaClO aqueous solution and dried in air, fruit were randomly divided into three groups. Mangoes of the first group were left without coating (Control - C), while fruit of the second group were coated by immersion for one minute in JFSS solution (J) and left to dry under room conditions,. Mangoes of the third group were coated with JFSS + macaíba oil (JMO) for one minute and left to dry dried under ambient conditions.

2.2 Experimental design

Mango fruit were stored at room conditions (23 ± 2 oC and 72 ± 3 % RH) for 9 days with evaluations every three days (0, 3, 6, and 9). For each day of evaluation, the release of volatile compounds was evaluated after 0, 4, 8, 16, 32 and 64 minutes of incubation time into 1.000 mL-glass jars, followed of 1 min of adsorption of the SPME fiber.. At the end of the experiment (on the 9th day), coated mangoes fruit were washed and evaluated, to describe the influence of the washing process on the volatiles release. The experiment was conducted in a completely randomized design, with three coating (C, J, and JMO) and four replication of 3 fruits. The data were analyzed in three steps. Firstly, half-time release of mangoes' volatiles (K_m) was calculated using the Michaellis Menten equation's Lineweaver–Burk double reciprocal plot. When necessary the model was fit manually (Fig. 1). For choosing the time

that volatiles release reached the steady state, the time of volatiles release was applied, and V_{max} was calculated and multiplied by three. After determined the volatile release steady state time, it was evaluated the volatile compound profiles during the storage time. Lastly, it was presented the influence of washing fruit on volatiles release, starting in the 3rd day, using 64 minutes as incubation time.

2.3 Evaluations

2.3.2 GC-MS analysis

Volatile analysis was performed by a CG coupled with a time-of-flight mass spectrometry (TOFMS). The gas samples were collected from the headspace of the 1.000-mL plastic jars used for measurements following 1, 4, 8, 16, 32, and 64 min incubation period. Volatiles were collected using a solid phase micro extraction (SPME) fiber (65 μ m thickness PDMS-DVB, Supelco Inc., Bellefonte, PA). The fiber was exposed to the chamber headspace for 1 min adsorption, and immediately transferred to the GC (HP-6890, Hewlett Packard Co., Wilmington, DE) split-less injection port at 220 °C and desorbed for 2 min. Desorbed volatiles were trapped in the column using a liquid nitrogen cryo-focusing trap. Separation of the volatiles was achieved using a 20 m long \times 0.18 mm i.d. capillary column (SP-5, Supelco Inc., Belle- fonte, PA), with a 0.18 μ m thick stationary phase. The GC oven temperature was programmed to increase from 40 °C to 240 °C at a rate of 50 °C min⁻¹, and held at 240 °C for 1 min. The flow rate of the helium carrier gas was held constant at 0.8 mL min⁻¹. Volatile detection was carried out by time-of-flight mass spectrometry (TOFMS) using electron impact ionization (Pegasus II, LECO Corp., St. Joseph, MI) according to Song et al. (1997).

Identification of all quantified compounds was performed by comparison of the mass spectrum with authenticated reference standards and with spectra in the National Institute for Standard and Technology (NIST) mass spectral library (Search Version 1.5). Volatile compounds were quantified as previously described by calibrating with a standard mixture of

13 aroma compounds prepared with authenticated compounds (Sigma Co. and Fluka Chemika) of known purity (Bartelt, 1997; Song et al., 1997). The standard mixture contained equal volumes of each compound (ethyl acetate, ethyl butanoate, butyl acetate, ethyl hexanoate, methyl octanoate, ethyl octanoate, 2-butenoic acid, ethyl 2-butenoic acid, α -pinene, β -pinene, limonene, terpinolene, 3-carene). One microliter of the standard mixture was applied to a small paper filter disk, which was dropped into a 4.4-L glass volumetric flask with a ground-glass top fitted with a Mininert valve (Supelco Inc., Bellefonte, PA). The flask was sealed and the mixture was allowed to vaporize for at least 6 h. Volatilization of the compounds was found to be complete (i.e., the GC/MS response ceased increasing) after 4 h.

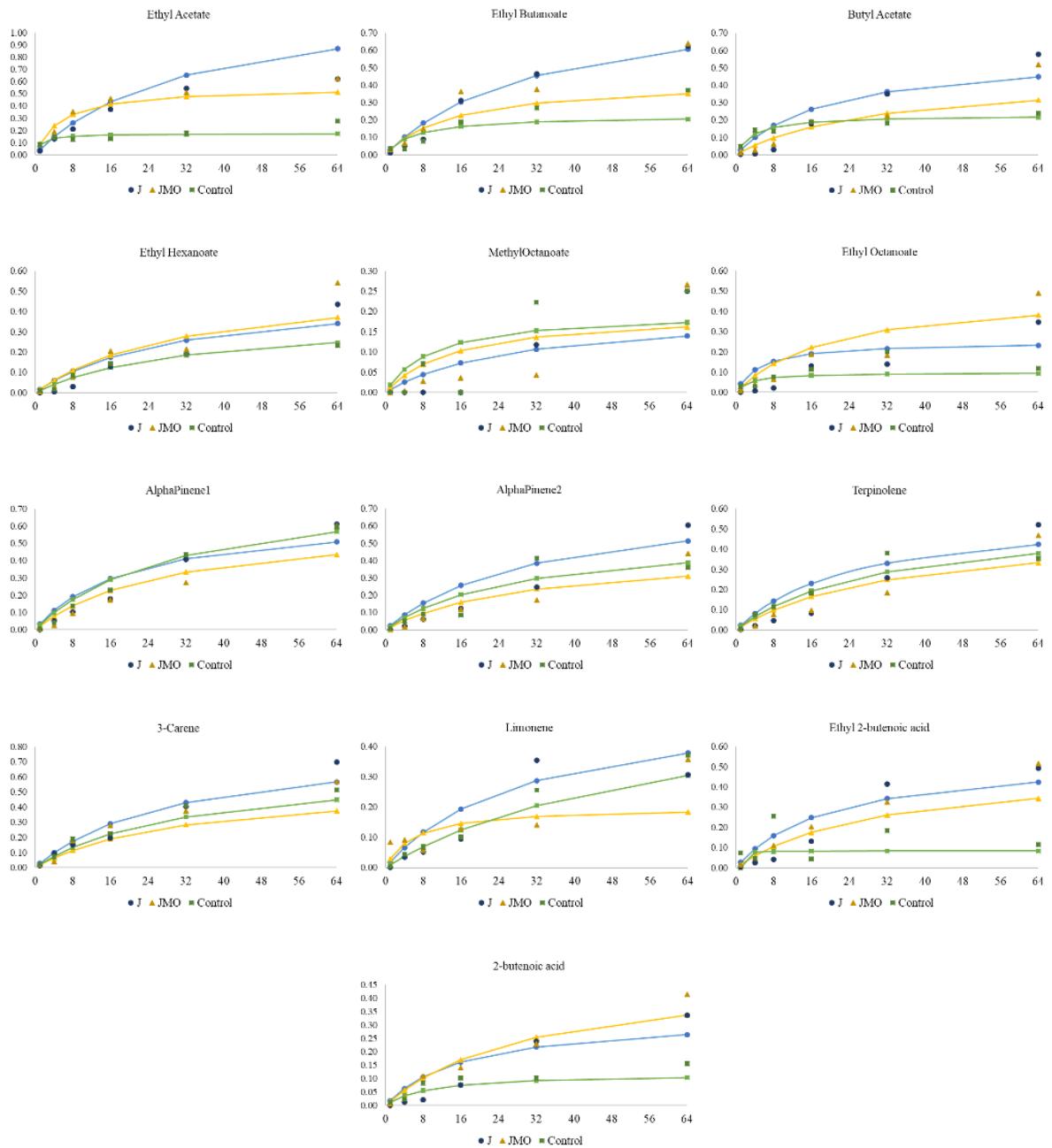


Fig. 1: Estimation of the volatile compounds release using Michaelis Menten approach in coated ‘Haden’ mangoes held under room conditions (23 ± 2 oC and 72 ± 3 % RH), during time of incubation. J (fruit coated with jackfruit seed starch); JMO (coated with jackfruit seed starch + macaíba oil); Control (uncoated mangoes)

3. Results and Discussion

The coating applied in mangoes affected dramatically the release of volatiles compounds. A pattern of volatiles release was observed, which increased the content during storage in coated fruit. Incubation time until stabilization was variable according to the volatile compound. The emission of volatiles compounds in coated fruit was extremely lower than that in the control fruit during storage, independently of the time incubation.

In ‘Haden’ mangoes, ethyl acetate was the volatile compound produced in the highest contents. Ethyl acetate was also the most produced volatile in coated fruits, whose the highest amount was found in fruits coated with JMO. The incubation time needed to reach the steady state of this volatile release was 16 minutes. However, some volatiles compounds, such as butyl acetate, did not have a constantly increase, since the production of this compound continued to occur until 6th day of storage. After this point, it was possible to set that the incubation time needed to reach the steady state of the volatile release was at 64 minutes.

The amount of ethyl butanoate increased during storage, showing small difference between coated fruit, independently of the type of coating. In turn, ethyl hexanoate presented a similar pattern of production for coated and uncoated fruits, increasing the production during storage. However, the production of this volatile was much higher in fruit coated with JMO. The incubation time to reach the steady state on volatile release was 32 minutes and 64 minutes for ethyl butanoate and ethyl hexanoate, respectively. Solubility can influence the releasing of volatiles compounds, for example ethyl acetate is 140 times more soluble in water than ethyl hexanoate (PICCONE et al., 2011).

Esters with longer chain were produced in lower contents, independently of the coating. Ethyl octanoate and methyl octanoate are examples of these esters. Their production, however, was higher at 9th day of storage in fruit coated by JMO, while the production before the 9th day- was very low. The incubation time for both compounds to reach the steady state of the volatile release was 64 minutes

It is suggested that ester biosynthesis in 'Kensington Pride' could be related with *de novo* synthesis of esters, explaining the production during storage. However, ripening process takes place around the 9th day postharvest at room conditions, depending on cultivar and fruit maturity at harvest (LALEL et al., 2003).

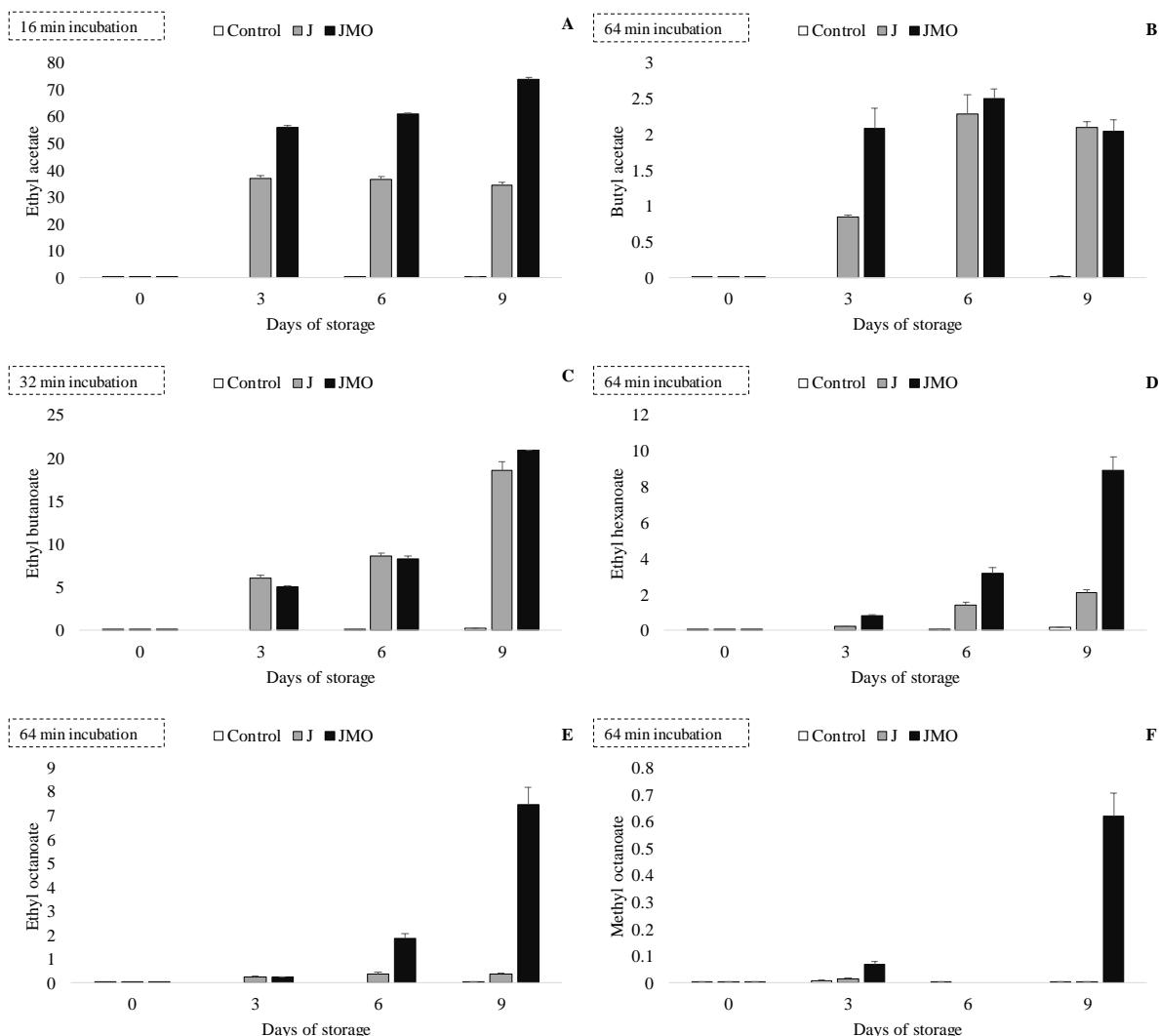


Fig. 2. Relative area of the esters volatiles ethyl acetate (A), ethyl butanoate (B), butyl acetate (C), ethyl hexanoate (D), ethyl octanoate (E), methyl octanoate (F) in 'Haden' mangoes coated with jackfruit seed starch (J), jackfruit seed starch with macaíba oil (JMO) and uncoated (Control) fruits, at each incubation time needed to reach the steady state of releasing, during storage at room conditions ($23 \pm 2^\circ\text{C}$ and $72 \pm 3\%$ RH).

The acid volatiles found were 2-butanoic acid and ethyl 2-butanoic acid. The same patterns of production was observed for these volatiles compounds, which gradually increased during storage, and in the same increasing order of production, lower for the control, followed by J coated, and the highest production for JMO coated fruits. The incubation time to reach the steady state of volatile release was 64 minutes and 8 minutes, respectively, to 2-butanoic acid and ethyl 2-butanoic acid. Butanoic acid is one of the typical aroma compound of mango fruits (PINO et al., 2005).

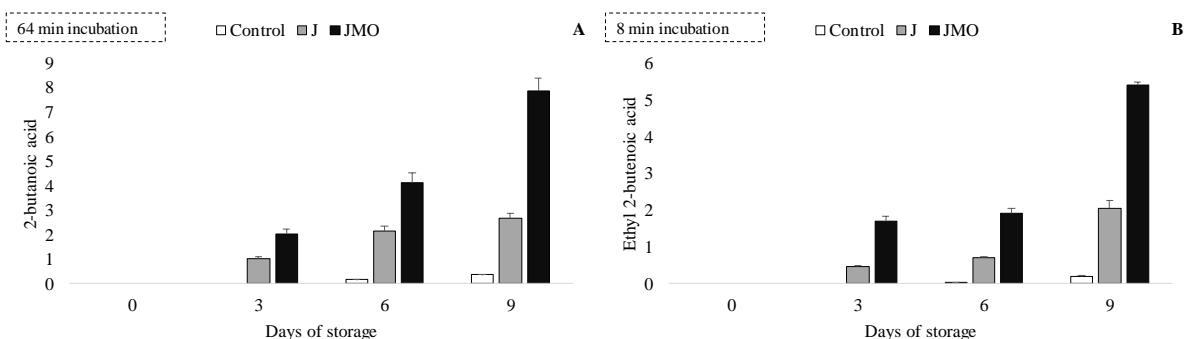


Fig. 3. Relative area of the acid volatiles 2-butanoic acid (A) and ethyl 2-butanoic acid (B) in ‘Haden’ mangoes coated with jackfruit seed starch (J), jackfruit seed starch with macaíba oil (JMO) and uncoated (Control) fruits, at each incubation time needed to reach the steady state of releasing, during storage at room conditions (23 ± 2 oC and 72 ± 3 % RH).

In contrast to the observed for esters and acid compounds, terpenes were more produced when fruit were coated with J, instead JMO for terpinolene, α -pinene, β -pinene, 3-carene. The same pattern of production was observed, increasing amounts during storage for all the terpenes analyzed. However, 3-carene was the terpene produced in the highest content, which is considered the major volatile compound of ‘Haden’ mango aroma profile (BONNEAU et. al., 2018).

Terpene hydrocarbons are the major dominant class of volatiles in mango, with contribution that comprises at least 90% (FRANCO et al., 2004; LEBRUN et al., 2008).

Within the terpenes, 3-carene is the predominant and the most important terpene in the aroma profile of the most mango varieties (BONNEAU et al., 2018), comprising, more than 70 % of the total volatiles produced (FRANCO et al., 2004; ANDRADE et al., 2000). From all volatile quantified compounds, those present at concentrations higher than their odour detection thresholds are mainly considered as aroma contributing substances (CHIDLEY et al., 2013).

Ripening is an irreversible process involving complicated yet well-coordinated series of physiological, biochemical and sensorial changes (CHIDLEY et al., 2013). In mangoes, among other factors, ripening is also characterized by the increase in the content of terpenes (KULKARNI et al., 2012). Thus, the amount of terpenes could be used to define fruit quality and maturity, since among the monoterpenes, α -pinene and terpinene were the highest at the climacteric stage (4th day) and β -pinene was the highest at the fully ripe stage (7th day), as also described by LALEL et al. (2003).

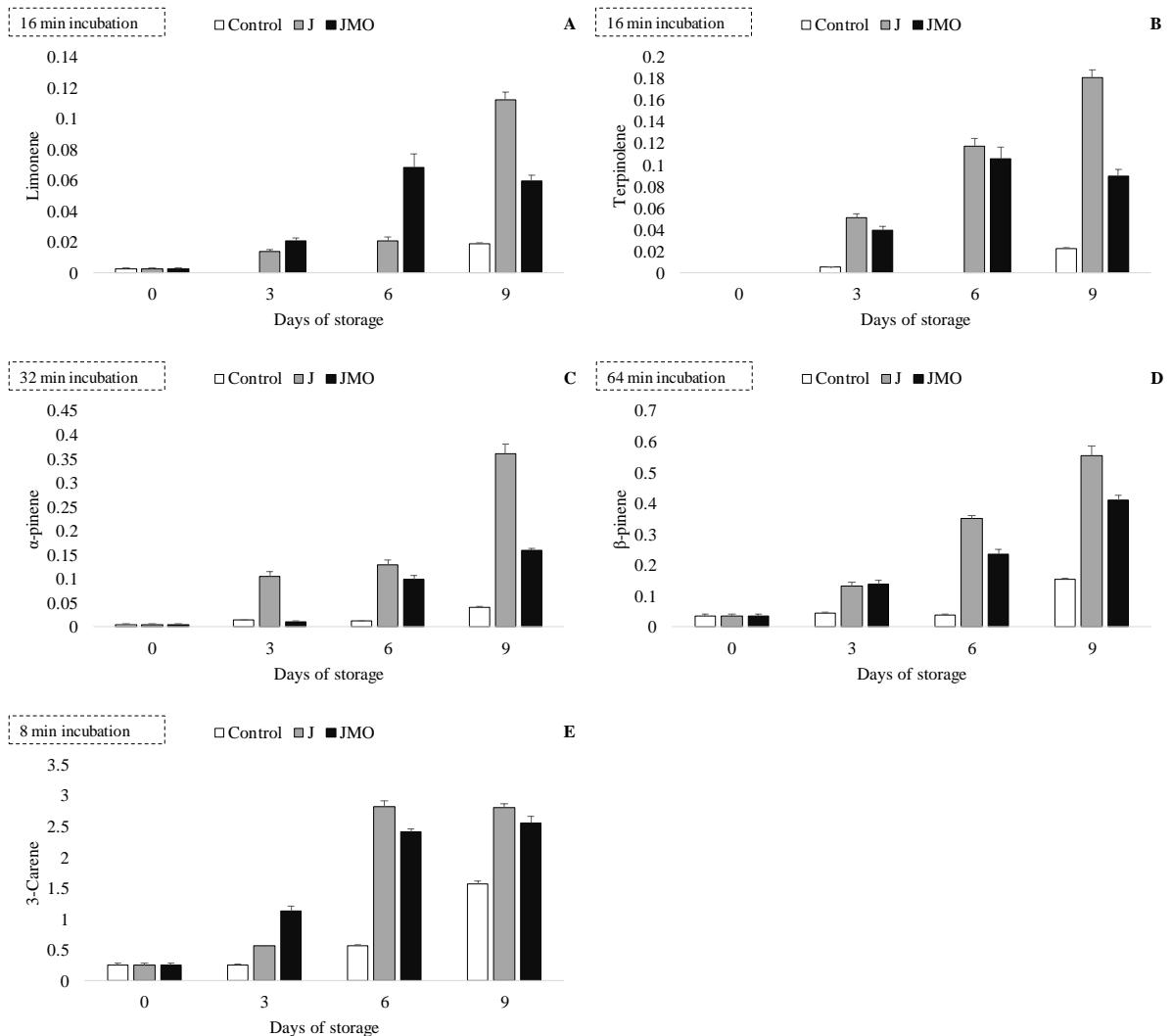


Fig. 4. Relative area of the terpenes α -pinene, β -pinene, 3-carene, limonene and terpinolene in 'Haden' mango coated with jackfruit seed starch (J), jackfruit seed starch with macaíba oil (JMO) and uncoated (Control) fruits, at each incubation time needed to reach the steady state of releasing, during storage under room conditions (23 ± 2 °C and 72 ± 3 % RH).

Washing process affects the volatiles release of coated 'Haden' mangoes. It was observed an increase of volatile contents after washing the fruit, excepted by the control fruit. Depending on the coating, the amount of volatile compounds trapped was different (Table 2), which could be due to an interaction that may occur between volatile compounds and coating. Therefore, coatings could be used to maintain volatiles compounds trapped into the fruit by the modified atmosphere that was generated by the coating applied. According to Pino and

Queris (2011) from the volatile quantified compounds, those present at concentrations higher than their odor detection thresholds are mainly considered as aroma contributing substances.

Thus, the increased concentration by the use of coatings could provide a positive effect of intensifying the perception of specific compounds, based on to the nature of the coating. Most likely, the chemical constitution of the volatile compound interacts with the chemical constitution of the coating. In this direction, polar groups will be trapped inside polar coating, while apolar compounds will be trapped inside apolar coatings.

The trapped volatile compounds can contribute to the flavor, one of the most important characteristic of fruits and vegetables that decides acceptability (KULKARNI et al., 2012). Ripening of mango takes place around the 9th day of storage at room conditions, depending on cultivar and stage maturity of fruit at harvest. However, after 9 days, some of fruit became over-ripe (LALEL et al., 2003).

Table 1: Effect of washing on volatiles release of ‘Haden’ mango coated with jackfruit seed starch (J), J with macaíba oil (JMO) and uncoated fruit (Control), followed 64 minutes of incubation time, at the 3rd day of storage under room conditions (23 ± 2 oC and 72 ± 3 % RH).

Volatile compound	Control		J		JMO	
	Control	after washing	Coated	after washing	Coated	after washing
<i>Acids</i>						
2-butenoic acid	0.0000	0.0000	0.0000	0.3628	0.0000	0.6204
Ethyl 2-butenoic acid	0.0000	0.0000	0.0000	1.9381	0.0000	1.2202
<i>Esters</i>						
Ethyl Acetate	0.0000	0.0000	1.5892	2.5763	2.8064	2.9836
Ethyl Butanoate	0.0000	0.0000	0.4895	1.0462	1.1384	1.2628
Butyl Acetate	0.0000	0.0000	0.0000	0.4029	0.0000	0.4367
MethylOctanoate	0.0010	0.0000	0.0000	0.0129	0.0000	0.1181
Ethyl Octanoate	0.0000	0.0000	0.0000	0.3721	0.0000	0.8023
Ethyl Hexanoate	0.0000	0.0000	0.0000	0.2098	0.0000	0.6612
<i>Terpenes</i>						
α-pinene	0.0045	0.0000	0.0000	0.3173	0.0000	0.1029
β-pinene	0.0012	0.0000	0.0000	0.8401	0.0000	0.0650
3-Carene	0.2867	0.0000	0.0000	1.7681	0.0000	0.7875
Limonene	0.0001	0.0000	0.0000	0.3015	0.0000	0.0760
Terpinolene	0.0007	0.0000	0.0000	1.1044	0.0000	0.0333

4. Conclusion

The current study highlighted the influence of coatings acting for the gradual release of volatile compounds, affecting aroma perception and maintenance in `Haden` mango. The volatile compounds in mango gradually increased or decreased during storage and were compound-dependent. In this way, the coatings may act as an alternative to preserve typical aroma volatiles of mangoes. Lastly, the washing process caused the release of compounds trapped by the coating. Thus, coatings with jackfruit seed starch can become an alternative to preserve specific volatiles compounds of 'Haden' mango during storage under room conditions.

Acknowledgements

The authors thank the CNPq (Proc. 403847/2013-3 and 401515/2014-1) for the financial support, and Capes (PDSE 99999.010621/2014-08) for the fellowship to George H.C. Guimarães.

References

Ali, S.B., Ghatak, B., Debabuti, N., Sharma, P., Ghosh, A., Tadu, B., Bhattacharya, N., Bandyopadhyay, R., 2018. Detection of β -caryophyllene in mango using a quartz crystal microbalance sensor. Sensors and Actuators B: Chemical. 255, 3064–3073.
<https://doi.org/10.1016/j.snb.2017.09.131>.

Almenar, E., Samsudin, H., Auras, R., Harte, B., Rubino, M., 2008. Postharvest shelf life extension of blueberries using a biodegradable package. Food Chemistry. 110, 120–127.
<http://doi:10.1016/j.foodchem.2008.01.066>.

Andrade, E.H.A., Maia, J.G.S., Zoghbi, M.G., 2000. Aroma Volatile Constituents of Brazilian Varieties of Mango Fruit. *Journal of Food Composition and Analysis*. 13, 27–33.

Azerêdo, L. P. M.; Silva, S. D. M.; Lima, M. A. C.; Dantas, R. L.; Pereira, W. E. 2016. Quality of ‘Tommy Atkins’ mango from integrated production coated with cassava starch associated with essential oils and chitosan. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 38, 141-150.

Beaudry, R.M., 2000. Responses of horticultural commodities to low oxygen: Limits to the expanded use of modified atmosphere packaging. *HortTechnology*. 10, 491–500.

Bonneau, A., Boulanger, R., Lebrun, M., Maraval, I., Valette, J., Guichard, E., Gunata, Z., 2018. Impact of fruit texture on the release and perception of aroma compounds during in vivo consumption using fresh and processed mango fruits. *Food Chemistry*. 239, 806–815. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.07.017>.

Chidley, H.G., Kulkarni, R.S., Pujari, K.H., Giri, A.P., Gupta, V.S., 2013. Spatial and temporal changes in the volatile profile of Alphonso mango upon exogenous ethylene treatment. *Food Chemistry*. 136, 585–594. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.08.029>.

Coimbra, M.C., & Jorge, N. 2012. Fatty acids and bioactive compounds of the pulps and kernels of Brazilian palm species, guariroba (*Syagrus oleracea*), jerivá (*Syagrus romanzoffiana*) and macaúba (*Acrocomia aculeata*). *Journal of Science and Food Agriculture*. 92, 679–684. <http://dx.doi.org/>

Franco, M.R.B., Rodriguez-Amaya, D., Lanças, F.M., 2004. Compostos voláteis de três cultivares de manga (*mangifera indica* l.). Ciência e Tecnologia de Alimentos. 24, 165–169.

Guimarães, G.H.C., Silva, R.S., Madruga, M.S., Sousa, A.S.B., Brito, A.L., Lima, R.P., Mendonça, R.M.N., Beaudry, R.M., Silva, S.M., 2018. Effect of plant-based coatings on the volatile profile of ‘Pérola’ pineapple. Acta Horticulturae. 1, 1519–1526.
<http://doi.10.17660/ActaHortic.2018.1194.212>.

Kulkarni, R.S., Chidley, H.G., Pujari, K.H., Giri, A.P., Gupta, V.S., 2012. Geographic variation in the flavour volatiles of Alphonso mango. Food Chemistry. 130, 58–66.
<https://doi:10.1016/j.foodchem.2011.06.053>.

Kumar, M.N., Ram, A., 2018. Tree age affects postharvest attributes and mineral content in Amrapali mango (*Mangifera indica*) fruits. Horticultural Plant Journal. 4, 55–61.
<https://doi.org/10.1016/j.hpj.2018.01.005>.

Lalel, H.J.D., Singh, Z., Tan, S.C., 2003. Aroma volatiles production during fruit ripening of ‘Kensington Pride’ mango. Postharvest Biology and Technology. 27, 323–336.

Lebrun, M., Plotto, A., Goodner, K., Ducamp, M., Baldwin, E., 2008. Discrimination of mango fruit maturity by volatiles using the electronic nose and gas chromatography. Postharvest Biology and Technology. 13, 122–131.
<https://doi:10.1016/j.postharvbio.2007.09.010>.

Oliveira, F.I.O; Souto, A.G.L.; Cavalcante, L.F.; Medeiros, W.J.F.; Medeiros, S.A.S. ; Oliveira, F.F. 2018. Biomass and chloroplast pigments in jackfruit seedlings under saline stress and nitrogen fertilization. *Revista Caatinga*, 31, 622 –631. <http://dx.doi.org/10.1590/1983 - 21252018v31n310rc>

Piccone, P., Rastelli, S.L., Pittia, P., 2011. Aroma release and sensory perception of fruit candies model systems. *Procedia Food Science*. 1, 1509–1515.
<http://doi:10.1016/j.profoo.2011.09.223>.

Rodrigues, A. A.M., Silva, S. M., Dantas, A. L., Silva, A. F., Santos, L. S., Moreira, D. N. 2018. Physiology and postharvest conservation of ‘Paluma’ guava under coatings using jack fruit seed-based starch. *Revista Brasileira de Fruticultura*. 40, 01-08.
<http://dx.doi.org/10.1590/0100-29452018352>

Salinas-Roca, B., Guerreiro, A., Welti-Chanes, J., Antunes, M.D.C., Martín-Belloso, O., 2018. Improving quality of fresh-cut mango using polysaccharide-based edible coatings. *International Journal of Food Science and Technology*. 53, 938–945.
<http://doi:10.1111/ijfs.13666>.

Salvia-Trujillo, L., Rojas-Graü, A., Soliva-Fortuny, R., Martín-Belloso, O., 2015. Use of antimicrobial nanoemulsions as edible coatings: Impact on safety and quality attributes of fresh-cut *Fuji* apples. Postharvest Biology and Technology. 105, 8–16.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.postharvbio.2015.03.009>.

Silva, R.S., Silva, S.M., Melo, F.S.N., Madruga, M.S., Lima, R.P., Beaudry, R.M., 2016. Influence of biodegradable coatings on the volatiles profile of fresh-cut ‘Paluma’ guava. Acta Horticulturae. 1, 319–326. <http://doi.10.17660/ActaHortic.2016.1141.40>.

Thakur, R., Pristijono, P., Golding, J.B., Stathopoulos, C.E., Scarlett, C.J., Bowyer, M., Singh, S.P., Vuong, Q.V., 2018. Development and application of rice starch based edible coating to improve the postharvest storage potential and quality of plum fruit (*Prunus salicina*). Scientia Horticulturae. 237, 59–66. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2018.04.005>.

Villacrés, R.A.E., Flores, S.K., Gerschenson, L.N., 2014. Biopolymeric antimicrobial films: Study of the influence of hydroxypropyl methylcellulose, tapioca starch and glycerol contents on physical properties. Materials Science and Engineering. 36, 108–117.

<https://doi.org/10.1016/j.msec.2013.11.043>.

ZHANG, Y.; ZHU, K.; HE, S.; TAN, L.; KONG, X. Characterizations of high purity starches isolated from five different jackfruit cultivars. **Food Hydrocolloids**, Washington, DC, v. 52, p. 785-794, 2016.

FISIOLOGIA E QUALIDADE DE MANGA ‘TOMMY ATKINS’ RECOBERTA TOTAL E PARCIALMENTE COM AMIDO DE SEMENTES DE JACA ASSOCIADO À ÓLEOS ESSENCIAIS

Resumo: A forma de aplicação de recobrimentos em manga, bem como adição de compostos biologicamente aditivos ainda é controverso, sendo necessário mais estudos para otimizar a eficácia da aplicação destes em frutos e hortaliças. Assim, o objetivo deste artigo foi avaliar a influência da forma de aplicação (parcial ou total) de recobrimentos biodegradáveis a base de amido de semente de jaca, bem como a ação de óleos essenciais de gengibre e laranja como aditivos nos recobrimentos em mangas ‘Tommy Atkins’ armazenadas. Mangas na maturidade comercial foram recobertas: parcialmente (P) na região peduncular sem óleo essencial e com óleo essencial de laranja (P+L) e de gengibre (P+L); recobertas totalmente (T) sem óleo essencial e com óleo essencial de laranja (T+L) e gengibre (T+G) e mangas sem recobrimentos (C), como o controle. Frutos de todos os recobrimentos e foram armazenados durante 12 dias na condição ambiente ($23 \pm 1^\circ\text{C}$ e $75 \pm 2\%$ UR). As mangas foram avaliadas quanto as características sensoriais de aparência (desidratação, brilho, cor de fundo, cor de cobertura), odor (estranho e característico), gosto (doce, ácido, adstringente), sabor (estranho e característico), aceitação global e intenção de compra, características físico-químicas, taxa respiratória, taxa transpiratória, perda de massa e firmeza. A forma de aplicação do recobrimento (parcial ou total) e o tipo de óleo associado à matriz afetou a fisiologia e qualidade de mangas ‘Tommy Atkins’. Associação de óleo essencial de gengibre à matriz resultou em desorfem fisiológica nos frutos e aumentou a taxa metabólica. Mangas recobertas por T, T+G e T+L apresentaram maior brilho, menor desidratação. As características físico-químicas não foram drasticamente afetadas pelos recobrimentos. Na aplicação do recobrimento na região peduncular, a adição de óleos essenciais na matriz pode intensificar o efeito do recobrimento na manutenção da qualidade e retardo do amadurecimento. Por outro lado, a utilização de óleos essenciais em recobrimentos na área total é um atenuador dos efeitos deletérios que o recobrimento total pode causar.

Keywords: *Mangifera indica*; *Artocarpus heterophyllus*; Conservação pós-colheita; Taxa respiratória; Transpiração; Análise sensorial

1. Introdução

O consumo de frutas tem ganhado significante atenção global nos últimos anos devido aos benefícios à saúde (Dhital et al., 2018). Dentre as frutas importantes economicamente no mundo, a manga (*Mangifera indica L.*) é uma das principais (Klangmuange e Sothornvit, 2018), devido ao sabor único, cor atrativa, aroma agradável e alto valor nutricional, principais fatores que afetam a preferência dos consumidores (Ali et al., 2018; Bonneau et al., 2018; Kumar e Ram, 2018; Salinas-Roca et al., 2018). Entretanto, como fruto de padrão

respiratório climatérico apresenta alta perecibilidade (Klangmuange e Sothornvit, 2018) que, após a colheita, ocorrem mudanças na aparência da fruta (cor, brilho), amolecimento, escurecimento e desidratação, provocando perda de qualidade.

Por esta razão, existe a necessidade da adoção de técnicas de conservação pós-colheita, como por exemplo a modificação da atmosfera (AM) ao redor dos frutos. A AM gera uma atmosfera suficientemente baixa em oxigênio para influenciar o metabolismo (por exemplo, amolecimento, degradação da clorofila, escurecimento dos tecidos, senescência) do produto sendo embalado de tal forma que aumenta a capacidade de armazenamento (Beaudry, 2000) ou manutenção da qualidade. Como material formador de atmosfera modificada, os filmes e recobrimentos biodegradáveis emergiram recentemente como uma solução inovadora e eficaz para manter a qualidade dos frutos e produtos hortícolas (Thakur et al., 2018). Bem como, reduzir os efeitos prejudiciais da perda de umidade e melhorar a aparência dos produtos (Ncama et al., 2018).

Nas últimas décadas, os recobrimentos biodegradáveis têm sido amplamente aplicados como uma abordagem eficaz em frutos, se tornando uma tendência crescente (Yan et al., 2019). Dentre as possibilidades para formulação dos recobrimentos, os de amido se apresentam como eficientes no controle de trocas gasosas, redução da permeabilidade a vapor de água, oxigênio, dióxido de carbono e aroma melhorando as características dos frutos recobertos (Aloui et al., 2014). Entretanto, a formulação deve ser estudada com atenção, para que a utilização de filmes e recobrimentos não afete negativamente a fisiologia e qualidade dos produtos armazenados.

Dentre as fontes de amido não convencionais, a jaca (*Artocarpus heterophyllus* Lam.) que é um fruto tropical consumido em todo o mundo (Kittipongpatana e kittipongpatana, 2011) e apresenta cerca de 15 % do peso total de fruto sendo de amido , presente nas sementes, estas são descartadas e recebem pouca atenção quanto a possibilidade de utilização

(Chen et al., 2016). O amido de semente de jaca é de boa qualidade e apresenta alto percentual de amilose (Madruga et al., 2014) muito similar ao percentual encontrado em batata, entre 24 e 32 % (Kittipongpatana e kittipongpatana, 2011). Este tipo de amido apresenta grande potencial para exploração de sua utilização na pós-colheita.

Os recobrimentos biodegradáveis atuam como uma barreira física sobre o fruto, o que pode interferir na fisiologia (Salvia-Trujillo et al., 2015). Como em outros órgãos da planta, a epiderme de frutas desempenha um papel importante nas trocas gasosas entre o produto e o meio ambiente (Diaz-Perez et al., 2007). A troca gasosa do fruto para a atmosfera se intensifica a partir do momento da colheita e por quatro principais rotas: a região da cicatriz do caule, estômatos/lenticelas, o cálice e a cutícula (Diaz-Perez, 1998).

Em mangas, é provável que a região de maior troca gasosa seja a região peduncular. Desta forma, estratégias que diminuam as taxas metabólicas, como redução da troca gasosa nessas áreas de cicatrização possuem grande relevância, principalmente por conta de pouco conhecimento sobre o tema. Naturalmente a epiderme dos frutos permite que a fruta mantenha um alto teor de água no interior do fruto, apesar da baixa umidade relativa do ar ao redor do produto e essa proteção contra a desidratação é particularmente importante após a colheita, quando a fruta não estará recebendo mais água da planta (Diaz-Perez et al., 2007).

Na última década, um número significativo de pesquisas foi realizado para o desenvolvimento de recobrimentos de frutas (Ncama et al., 2018). Entretanto, o estudo das formulações, desenvolvimento dos recobrimentos, bem como o modo de aplicação em frutos deve ser analisado com cuidado, para não influenciar de forma negativa a fisiologia dos frutos recobertos. Neste contexto, existe atualmente uma enorme lacuna de conhecimento sobre o uso de extratos de plantas, como óleos essenciais, em formulações de recobrimentos, especialmente, investigando a aplicação dos recobrimentos (Ncama et al., 2018).

Desta forma, o presente trabalho avalia a forma de aplicação de recobrimentos a base de amido e extratos de plantas. Os extratos vegetais a serem adicionados em recobrimentos são uma alternativa promissora à conservação pós-colheita de frutos (Lima et al. 2012; Azerêdo et al., 2016) e pode ser uma alternativa aos conservantes químicos (Mastromatteo et al., 2011). Como os óleos essenciais, que podem ser incorporados em recobrimentos biodegradáveis, o que pode estender a sua funcionalidade em minimizar a deterioração microbiana e prolongar a vida de prateleira (Soler et al., 2013). Óleos de gengibre (*Zingiber officinale*) e laranja (*Citrus* ssp.) possuem poder antifúngico e alta potencialidade de utilização (Hashtjin e Abbasi, 2015; Lei et al., 2017; Silva et al., 2018). Diante do exposto, o objetivo deste artigo é avaliar a influência da forma de aplicação (parcial ou total) de recobrimentos biodegradáveis a base de amido de semente de jaca, bem como a ação de óleos essenciais de gengibre e laranja como aditivos nos recobrimentos em mangas ‘Tommy Atkins’ armazenadas.

2. Material e Métodos

2.1 Material

Mangas ‘Tommy Atkins’, com padrão comercial, foram adquiridas em estádio de maturação ‘2’, cor de fundo verde, e transportadas para o Laboratório de Biologia e Tecnologia Pós-colheita da Universidade Federal da Paraíba, Areia-PB, onde foram classificados pela uniformidade da cor, forma e tamanho, sendo que as frutas machucadas ou doentes foram descartadas. Os frutos foram sanitificados como solução de hipoclorito 150 ppm e deixados sob secagem ao ar durante 5 minutos.

2.1 Métodos

2.1.1 Preparo dos recobrimentos

As mangas foram recobertas e testadas quanto ao tipo de recobrimento e quanto ao modo de aplicação. Os recobrimentos utilizados foram constituídos de amido de semente de jaca associados ou não à óleo essencial de laranja ou gengibre. Quanto ao modo de aplicação, as mangas foram totalmente recobertas pelo recobrimento de amido ou apenas na região peduncular, correspondendo a 2 cm de diâmetro ao redor do pedúnculo (Figura 1).



Figura 1: Imagem esquemática da aplicação parcial (A) ou total (B) dos recobrimentos biodegradáveis a base de amido de semente de jaca. Os frutos foram imersos em solução de lugol para identificação da área recoberta.

O amido de semente de jaca foi obtido conforme descrito por Rodrigues et. al. (2018) para elaboração das emulsões de amido a 3% com água destilada. A emulsão amido-água foi homogeneizada com auxílio do homogeneizador-triturador Ultra-turrax, durante 1min, em rotação média. Em seguida foi aquecida até 80 °C, permanecendo nesta temperatura durante 5 minutos, o glicerol a 1% e 0,4% (v/v) de óleo essencial de laranja ou gengibre foi ultrasonificado (1 min-60% de amplitude, seguido de 4 min-90% de amplitude) antes da adição à emulsão, que ocorreu quando a emulsão amido-água atingiu 60 °C. Os recobrimentos foram aplicados quando atingiram temperatura ambiente, após geleificação, totalizando 7 tratamentos descritos na Tabela 1.

Tabela 1: Recobrimentos aplicados em mangas ‘Tommy Atkins’ armazenadas sob recobrimentos biodegradáveis a base de amido de semente de jaca (ASJ).

Código	Recobrimento	Aplicação
C	Sem recobrimento	-
P+L	ASJ + OE laranja	Região peduncular
T+L	ASJ + OE laranja	Total
P+G	ASJ + OE gengibre	Região peduncular
T+G	ASJ + OE gengibre	Total
P	Amido	Região peduncular
T	Amido	Total

OE: óleo essencial

2.1.2 Avaliações

Os frutos foram analisados quanto as características sensoriais, fisiológicas e físico-químicas. Cada recobrimento foi composto por 4 repetições contendo uma manga, as quais foram avaliadas a cada 3 dias, durante 12 dias de armazenamento em temperatura ambiente ($23^{\circ}\text{C} \pm 1$), porém no perfil de odor e perfil de sabor, as análises foram realizadas até o 9º dia de armazenamento.

2.1.2.1 Análise sensorial

As características sensoriais foram avaliadas em escala de 9 pontos quanto ao perfil de aparência (desidratação, brilho, cor de fundo, cor de cobertura, uniformidade de cor, dano leve, dano grave, aceitação global de aparência e intenção de compra), perfil de odor (odor característico e odor estranho), perfil de sabor (gosto ácido, gosto doce, gosto residual, adstringência, sabor característico, sabor estranho) e perfil de textura (suculência, fibrosidade e firmeza) (Guimarães et al., 2018).

2.1.2.2 Atividade respiratória

A avaliação da atividade respiratória da manga foi realizada na condição ambiente (na condição ambiente ($23 \pm 1^{\circ}\text{C}$ e $75 \pm 2\%$ UR). As amostras foram continuadamente ventiladas com um suprimento de ar desumidificado e isento de CO_2 proveniente de um compressor, numa vazão de $0,7 \text{ mL} \cdot \text{seg}^{-1}$. O sistema era fechado por uma hora para a coleta das amostras de CO_2 com seringa e 1 mL, que era injetado em analisador de CO_2 (CA-10, Sable Systems-EUA) acoplado a um integrador. A produção de CO_2 ($\text{mg CO}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$) foi obtida estequiometricamente e comparada ao padrão de 5% de CO_2 (Dantas et al., 2016).

2.1.2.3 Perda de massa e taxa de transpiração

A perda de massa foi expressa em %, realizando-se pesagem das parcelas a cada período de análise, e calculando a proporção diária de perda tomando como base o peso inicial. A taxa de transpiração foi calculada de acordo com Bovi et al. (2018)

2.1.2.4 Firmeza, cor de polpa e casca

A firmeza foi determinada em N, através do penetrômetro manual Magness Taylor Pressure Tester, região de inserção de 2/8 polegadas de diâmetro, sendo feitas duas leituras na região equatorial do fruto integro em lados opostos. Para análise de cor, foi utilizado um colorímetro minolta, realizando leitura de L, a* e b*.

2.1.5. Avaliações físico-químicas

O ácido ascórbico foi analisado titulometricamente, com solução de 2,6 diclorofenolindofenol (DFI) a 0,1%, até obtenção de coloração rósea clara permanente,

utilizando-se 1 g da polpa diluída em 50 mL de ácido oxálico 0,5 %, com resultados expressos em mg.100g⁻¹. Os sólidos solúveis (SS), foram determinados em % por leitura direta com refratômetro de bancada tipo ABBE com controle de temperatura (20°C). A acidez foi determinada por titulometria utilizando solução de NaOH 0,1M com indicador fenolftaleína, até obtenção de coloração róseo claro permanente, utilizando 5 g da amostra em 50 mL de água destilada, com resultados expressos em g. de ácido cítrico.100g⁻¹ de polpa. A relação SS/AT foi obtida mediante divisão dos resultados de sólidos solúveis (SS) e acidez titulável (AT). O potencial hidrogeniônico – pH, foi medido utilizando potenciômetro digital. (Lima et al., 2012).

2.1.3 Delineamento experimental e análises Estatísticas

O experimento foi composto por 7 tratamentos, com 4 repetições cada tratamento, avaliados a cada 3 dias durante 12 dias para características sensoriais de aparência, físico-químicas, firmeza, cor, perda de massa e taxa de transpiração e avaliados durante 9 dias para avaliações sensoriais de odor e sabor. Totalizando um fatorial 7 x 5 e 7 x 4 , respectivamente de acordo com o tempo de armazenamento. Os dados foram submetidos a análise de variância (ANOVA) e a médias comparadas pelo teste de Tukey até 0,05 % de probabilidade de erro, para fontes de variação qualitativas e regressão polinomial para fonte de variação quantitativa. Utilizou-se o SISVAR (Ferreira, 2000) para realizar a análise estatística.

3. Resultados e Discussão

A taxa respiratória de manga ‘Tommy Atkins’ foi afetada pela forma de recobrimento. Os frutos totalmente recobertos com amido de semente de jaca, apresentaram menor produção de CO₂, cerca de 20 mL de CO₂.Kg⁻¹.h⁻¹. Por outro lado, mangas sem recobrimento, apresentaram produção de CO₂, cerca de 100 mL de CO₂.Kg⁻¹.h⁻¹, (cinco vezes superior) com

pico respiratório no primeiro dia de armazenamento, atingindo máximo de 140 mL de CO₂.Kg^{-1.h⁻¹, com claro indicativo da ação do recobrimento em reduzir o metabolismo do fruto. Não foi observado pico típico de produção de CO₂ para os recobrimentos parciais. Observou-se produção de CO₂ constante após o sexto dia de armazenamento, independentemente do tipo de recobrimento (Figura 2).}

A respiração é afetada por uma série de fatores que podem ser divididos em internos, como tipo de produto e genótipo, estágio de desenvolvimento na colheita, padrão respiratório, consistência química e fatores externos, como temperatura, O₂ e CO₂. a atmosfera de armazenamento, os níveis de C₂H₄, especialmente em frutos climatéricos e, finalmente, a presença de fermentos e abrasões em combinação com altas temperaturas de armazenamento, bem como estresse em geral (Xanthopoulos et al., 2017).

A atividade respiratória pós-colheita e a perda transpiracional de água são dois processos com potencial para produzir efeitos profundos na qualidade pós-colheita e no tempo de armazenamento dos frutos. As condições de armazenamento, que elevam a taxa de respiração, reduzem o oxigênio interno das frutas ou aumentam os níveis de dióxido de carbono, podem tornar os frutos inatingíveis ou proibir longos períodos de armazenamento. A perda de peso do após a colheita reduz a comercialização e o retorno dos frutos (Lawes e Prasad, 1999).

A taxa de transpiração das mangas ‘Tommy Atkins’ foi avaliada durante o tempo, sendo que os recobrimentos começaram a se diferenciar a partir do terceiro dia de armazenamento. Os frutos com recobrimento parcial e adição de óleo essencial (P+G, P+L) apresentaram taxa de transpiração semelhante aos frutos totalmente recobertos (T, T+G e T+L), mostrando a eficiência dos óleos para minimizar a transpiração dos frutos (Figura 2).

A perda de umidade devido à transpiração reduz o peso vendável e a qualidade do produto fresco durante o armazenamento e manuseio pós-colheita (Shirazi e Cameron) pois interfere nas demais características de qualidade.

A perda de água por transpiração provavelmente é responsável pela depreciação na aparência, sendo que a umidade na parte proximal poderia ser perdida não apenas pela transpiração através da casca, mas também pela redistribuição nos frutos (Sakiyama e Nakamura, 1997), principalmente quando o gradiente de umidade se estabelece de ordem decrescente até a região do pedúnculo. Mas deve-se levar em consideração que a transpiração dos frutos varia com as espécies, condições climáticas e época do ano (Moradi et al., 2010).

Essas técnicas de manejo pós-colheita podem ser vinculadas a taxas reduzidas de respiração e transpiração, resultando em uma perda de umidade mais lenta, que tem uma influência intrínseca na qualidade da maioria das frutas e vegetais (Ncama et al., 2018).

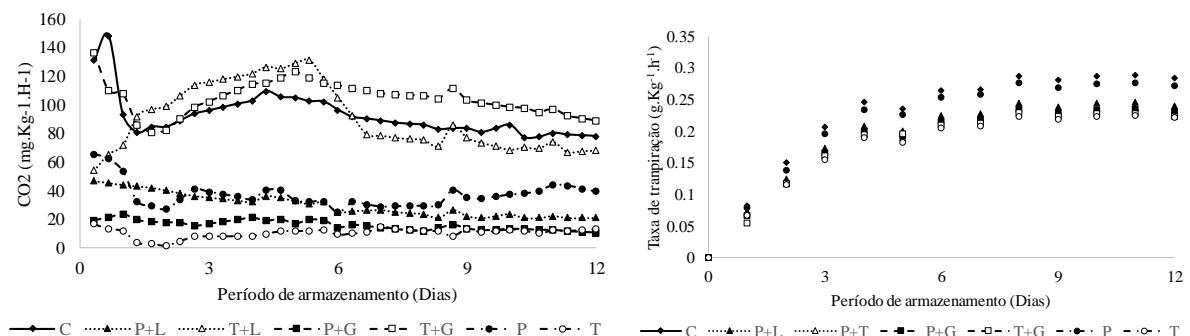


Figura 2: Produção de CO₂ e taxa de transpiração ($\text{g.Kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$) em manga ‘Tommy Atkins’ com recobrimentos biodegradáveis armazenadas durante 12 dias na condição ambiente ($23 \pm 1^\circ\text{C}$ e $75 \pm 2\%$ UR). **C** (frutos sem recobrimento); **P+L** (amido de semente de jaca (ASJ) + OE laranja aplicado na região peduncular); **T+L** (ASJ + OE laranja aplicado na área total da manga); **P+G** (ASJ + OE gengibre aplicado na região peduncular); **T+G** (ASJ + OE gengibre aplicado na área total da manga); **P** (ASJ aplicado na região peduncular); **T** (ASJ aplicado na área total da manga). OE: óleo essencial.

A perda de massa foi crescente ao longo dos 12 dias de armazenamento, porém apresentou-se mais acentuada para os frutos do controle (C). As menores taxas de perda de massa foram identificadas nos frutos recobertos com amido + OE gengibre aplicado na região peduncular (P+G), amido + OE gengibre aplicado na área total da manga (T+G) e amido aplicado na área total da manga (T), demonstrando que os recobrimentos associados ao óleo

essencial de gengibre foram eficientes no retardo da perda de massa dos frutos (Figura 3). Tal perda de umidade inevitavelmente acompanha a perda de peso fresco, que em muitos casos leva à degradação de qualidade (Sakiyama e Nakamura, 1997).

A firmeza medida nas mangas armazenadas durante os 12 dias, demonstrou uma queda significativa a partir do 3º dia de armazenamento. Os tratamentos que apresentaram os menores níveis de firmeza no final do armazenamento foram o controle (C) e o recobrimento com amido + OE laranja aplicado na região peduncular (P+L), enquanto que o recobrimento amido + OE laranja aplicado na área total da manga (T+L), foi o que demonstrou a maior firmeza dos frutos (Figura 3).

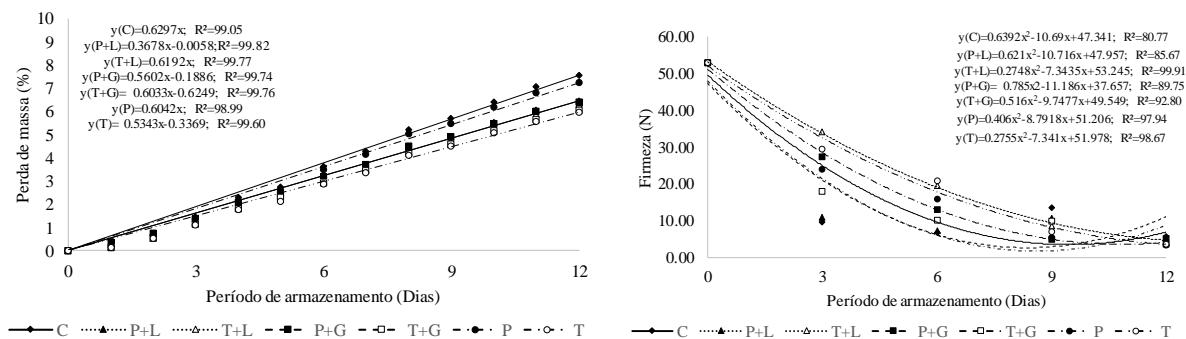


Figura 3: Perda de massa (%) e firmeza (N) em manga ‘Tommy Atkins’ com recobrimentos biodegradáveis armazenadas durante 12 dias na condição ambiente ($23 \pm 1^\circ\text{C}$ e $75 \pm 2\%$ UR). **C** (frutos sem recobrimento); **P+L** (amido de semente de jaca (ASJ) + OE laranja aplicado na região peduncular); **T+L** (ASJ + OE laranja aplicado na área total da manga); **P+G** (ASJ + OE gengibre aplicado na região peduncular); **T+G** (ASJ + OE gengibre aplicado na área total da manga); **P** (ASJ aplicado na região peduncular); **T** (ASJ aplicado na área total da manga). OE: óleo essencial.

Através do perfil sensorial de aparência, observou-se que a desidratação foi crescente ao longo do período de armazenamento, demonstrando-se maior para os frutos sem recobrimento (C), seguido dos tratamentos com recobrimento de amido aplicado à área total do fruto (T), amido + OE laranja aplicado na região peduncular (P+L) e amido + OE laranja

aplicado na área total da manga (T+L). A menor desidratação foi observada para o recobrimento P+G (Figura 4). A utilização de óleos essenciais pode ser uma alternativa para minimizar a perda de água de frutos e por consequência desidratação.

A aplicação da extratos vegetais em recobrimentos podem trazer benefícios como a inibição de distúrbios fisiológicos, mantendo as propriedades antimicrobianas e de preservação da qualidade (Ncama et al., 2018), este pode ser um dos principais fatores para diminuição da perda de água, causando desidratação.

A perda de brilho nas mangas se intensificou a partir do sexto dia de armazenamento, sendo mais acentuado para os frutos do sem recobrimento (C). Os recobrimentos com amido + OE laranja aplicado na área total da manga (T+L) e amido aplicado na área total da manga (T), foram os que apresentaram maior intensidade de brilho ao longo dos dias de armazenamento, com notas próximo à 7 (Figura 4). Óleos essenciais adicionados na matriz polimérica do recobrimento podem favorecer maior brilho em aos frutos recobertos.

A cor de fundo é caracterizada pela mudança entre o verde intenso até o amarelo claro. Os tratamentos que mais apresentaram evolução da cor de fundo foram o controle (C), amido + OE laranja aplicado na região peduncular (P+L), amido + OE gengibre aplicado na região peduncular (P+G), amido + OE gengibre aplicado na área total da manga (T+G) e amido aplicado na região peduncular (P). O recobrimento que mais retardou a evolução de cor de fundo até o 12º dia, foi o de amido + OE laranja aplicado na área total da manga (T+L) (Figura 4). A manutenção desta característica indica retardo na maturação.

A cor de cobertura, caracteriza-se pela cor roxo, podendo variar entre o roxo evoluindo até o vermelho. A variação da cor de cobertura foi perceptível a partir do terceiro dia de armazenamento, sendo maior para os frutos do controle (C), ao longo dos 12 dias de armazenamento, seguido dos P+L, T+G) e P. A menor evolução para cor de cobertura foi para T+L, P+G e T (Figura 4). Mostrando atraso na maturação das mangas recobertas, enfatizando

que os frutos com recobrimento parcial e com adição de óleo de gengibre apresenta resultado semelhante ao observado para frutos totalmente recobertos.

O dano leve é caracterizado por danos físicos leves como abrasão, queima e manchas. Ao longo dos 12 dias de armazenamento, o maior índice de dano leve foi notado para os frutos do controle (C) e os menores índices foram perceptíveis para os recobrimentos amido + OE laranja aplicado na região peduncular (T+L) e amido + OE gengibre aplicado na região peduncular (P+G). Portanto, os recobrimentos associados aos óleos essenciais apresentaram melhor efeito em relação ao dano leve (Figura 4).

O dano grave, caracterizado por danos físicos profundos e ataque ou contaminação por microrganismos patogênicos, foi verificado mais expressivamente nos frutos do controle (C). Os recobrimentos associados aos óleos essenciais, independentemente do modo de aplicação, foram os que apresentaram menor incidência de dano grave (P+L, T+L, P+G e T+G) (Figura 4). A adição de óleo essencial na formulação, pode minimizar os processos de difusão e inserir moléculas ativas na superfície do fruto, o que pode auxiliar no controle da doença, diminuindo ou impedindo o crescimento de microrganismos na superfície da fruta (Aloui et al., 2014).

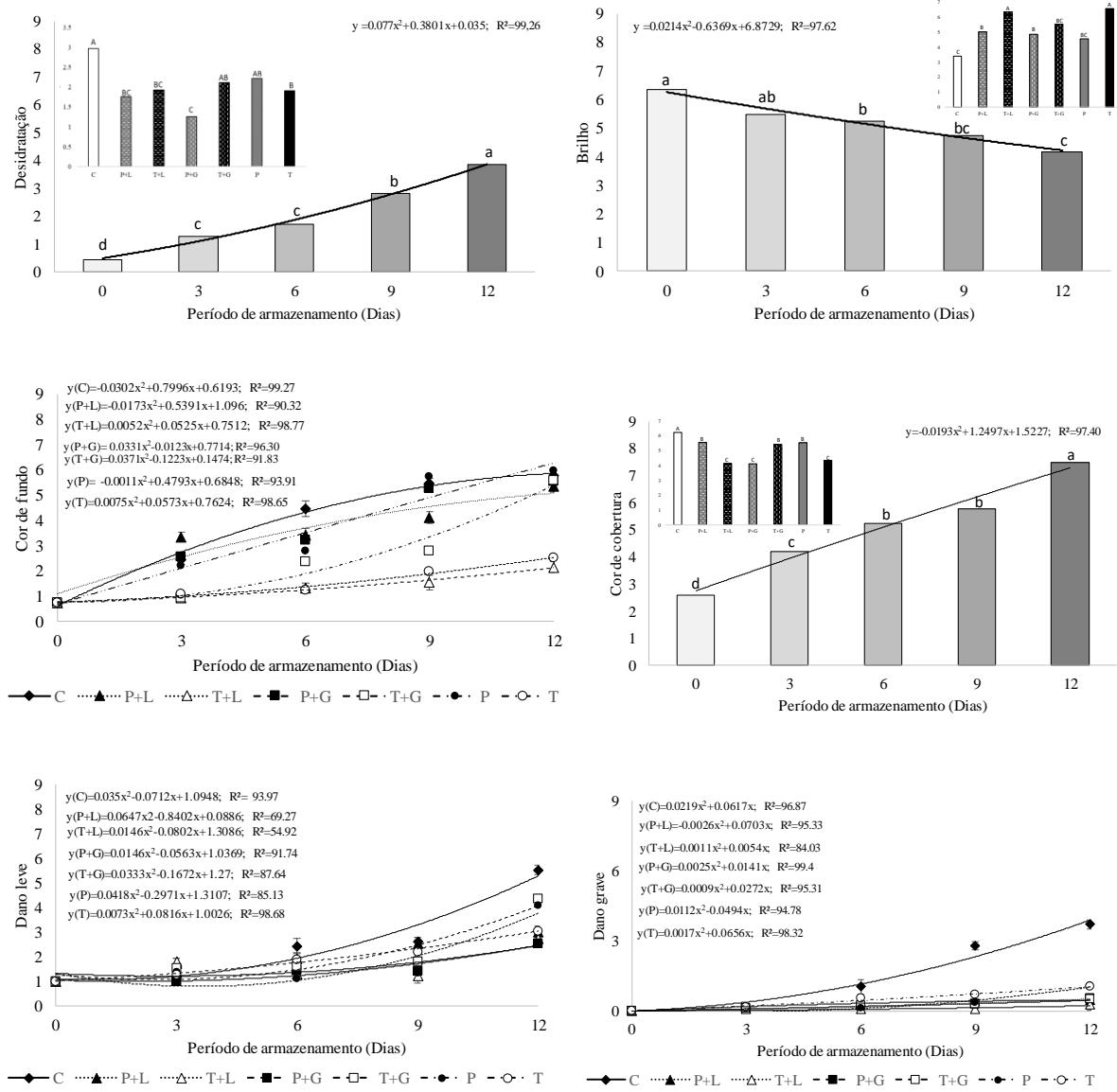


Figura 4: Perfil de aparência em manga ‘Tommy Atkins’ com recobrimentos biodegradáveis armazenadas durante 12 dias na condição ambiente ($23 \pm 1^\circ\text{C}$ e $75 \pm 2\%$ UR).. C (frutos sem recobrimento); P+L (amido de semente de jaca (ASJ) + OE laranja aplicado na região peduncular); T+L (ASJ + OE laranja aplicado na área total da manga); P+G (ASJ + OE gengibre aplicado na região peduncular); T+G (ASJ + OE gengibre aplicado na área total da manga); P (ASJ aplicado na região peduncular); T (ASJ aplicado na área total da manga). OE: óleo essencial.

Em relação à aceitação global de aparência, os frutos menos aceitáveis foram os sem recobrimento (C). O recobrimento P+G apresentou as maiores notas ao longo dos 12 dias de armazenamento. No geral, todos os recobrimentos associados aos óleos essenciais (P+L, T+L, P+G e T+G) obtiveram notas acima de 6, independentemente da forma de aplicação (Figura 5).

Quanto à intenção de compra, os frutos não recobertos (C), foram os que menos interessaram aos painelistas sensoriais, sendo o menos preferido quanto a intenção de compra. Os frutos dos recobrimentos que obtiveram maiores notas quanto a intenção de compra ao longo dos 12 dias de armazenamento foram os que estavam associados aos óleos essenciais, sendo a maior nota para o recobrimento (P+L) (Figura 5).

A qualidade e aparência geral de um produto são os fatores mais importantes que determinam a adequação das cultivares para fins de exportação (Rymbai et al., 2012), sendo este os principais fatores responsáveis pela intenção de compra dos consumidores.

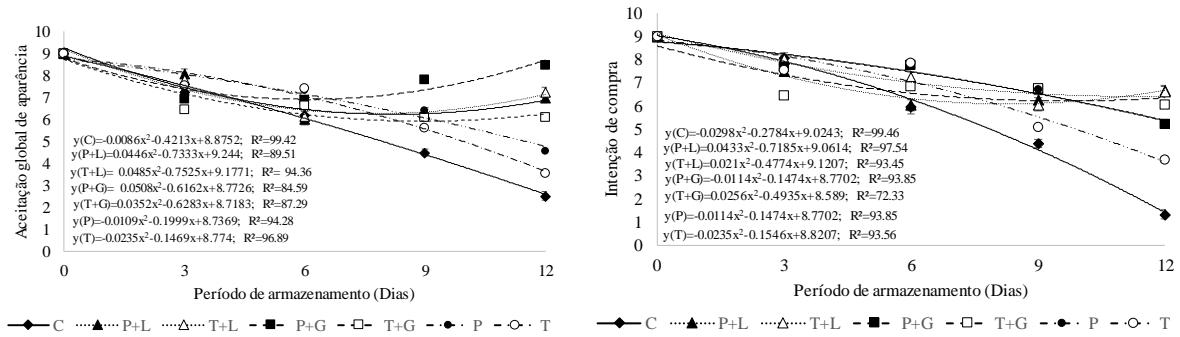


Figura 5: Aceitação global de aparência e intenção de compra em manga ‘Tommy Atkins’ com recobrimentos biodegradáveis armazenadas durante 12 dias na condição ambiente (23 ± 1 °C e $75 \pm 2\%$ UR).. C (frutos sem recobrimento); P+L (amido de semente de jaca (ASJ) + OE laranja aplicado na região peduncular); T+L (ASJ + OE laranja aplicado na área total da manga); P+G (ASJ + OE gengibre aplicado na região peduncular); T+G (ASJ + OE gengibre aplicado na área total da manga); P (ASJ aplicado na região peduncular); T (ASJ aplicado na área total da manga). OE: óleo essencial.

O odor característico realizado até o 9º dia de armazenamento, pertencente ao perfil de odor de manga, apresentou-se mais acentuado para o recobrimento com amido + OE gengibre aplicado na região peduncular (P+G) e menor para o recobrimento com amido aplicado na área total da manga (T) (Figura 6).

O odor estranho, caracterizado como qualquer odor não relacionado às características naturais da manga, foi perceptível a partir do 6º dia de armazenamento, sendo mais expressivo

para os frutos sem recobrimentos (C), este odor foi caracterizado pelos painelistas como ‘cheiro de maduro’ ou ‘cheiro de passado’ e menos relacionado aos recobrimentos amido + OE laranja aplicado na região peduncular (P+L), amido + OE gengibre aplicado na área total da manga (T+G) e amido aplicado na região peduncular (P) (Figura 6).

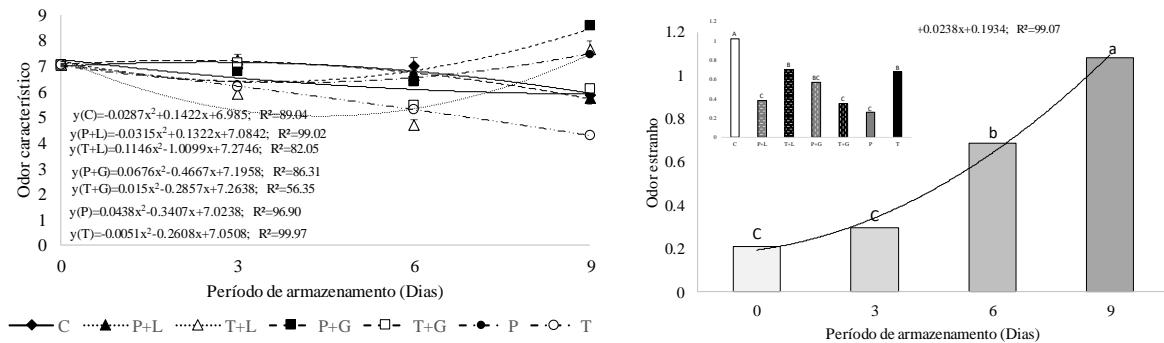


Figura 6: Odor característico e odor estranho em manga ‘Tommy Atkins’ com recobrimentos biodegradáveis armazenadas durante 12 dias na condição ambiente ($23 \pm 1^\circ\text{C}$ e $75 \pm 2\%$ UR).. C (frutos sem recobrimento); P+L (amido de semente de jaca (ASJ) + OE laranja aplicado na região peduncular); T+L (ASJ + OE laranja aplicado na área total da manga); P+G (ASJ + OE gengibre aplicado na região peduncular); T+G (ASJ + OE gengibre aplicado na área total da manga); P (ASJ aplicado na região peduncular); T (ASJ aplicado na área total da manga). OE: óleo essencial.

O gosto ácido, que faz parte do perfil de sabor, foi modificando-se a partir do 3º dia de armazenamento, apresentando-se com maiores valores para o recobrimento amido + OE laranja aplicado na área total da manga (T+L) no 9º dia de armazenamento, demonstrando que este tratamento relacionou-se com um retardamento na maturação (Figura 5). Visto que, frutos em estádios de maturação iniciais são mais ácidos.

Em relação ao gosto doce, os maiores valores ao fim dos nove dias de avaliação, foram para os recobrimentos amido + OE laranja aplicado na região peduncular (P+L), amido + OE laranja aplicado na área total da manga (T+L) e amido aplicado na região peduncular (P). Os menores valores foram associados ao recobrimento amido aplicado na área total da manga (T), com nota em torno de 4 (Figura 7).

O gosto residual, caracterizado como o gosto posterior à mastigação e deglutição, ou seja, a sensação de continuar sentindo o sabor característico, foi similar em todos os recobrimentos aplicados, apresentando-se mais intenso a partir do 6º dia de armazenamento (Figura 7).

A adstringência, que é um atributo sensorial caracterizado pela agregação de alguns compostos durante a mastigação, foi diminuindo a partir do 6º dia de armazenamento, onde no primeiro dia de avaliação encontrava-se com notas em torno de 4 e no 9º dia com notas em torno de 1. Os maiores valores foram associados aos frutos do controle (C) e recobrimento de amido aplicado na área total da manga (T). Os menores valores foram associados aos recobrimentos associados aos óleos essenciais (P+L, T+L, P+G e T+G), como também para o recobrimento de amido aplicado na região peduncular (P), demonstrando que este modo de aplicação também é capaz de retardar a maturação em mangas (Figura 7).

O sabor característico foi similar em todos os recobrimentos aplicados, sendo mais acentuado a partir do 6º dia de armazenamento. O sabor estranho, caracterizado como qualquer sabor não associado com o sabor de manga, não apresentou diferença entre os recobrimentos aplicados, porém apresentou maior percepção a partir do 6º dia de armazenamento (Figura 7).

A aceitação global de sabor, obteve melhores notas no 3º dia de armazenamento, apresentando-se com maior aceitação para os frutos associados aos recobrimentos com amido + OE laranja aplicado na região peduncular (P+L), amido + OE gengibre aplicado na região peduncular (P+G), amido + OE gengibre aplicado na área total da manga (T+G), amido aplicado na região peduncular (P) e amido aplicado na área total da manga (T). Os menores valores foram correlacionados aos frutos do controle (C) e ao recobrimento com amido + OE laranja aplicado na área total da manga (T+L). Observou-se que frutos associados aos óleos essenciais de laranja e gengibre quando aplicados na região peduncular dos frutos, apresentaram melhor aceitação global.

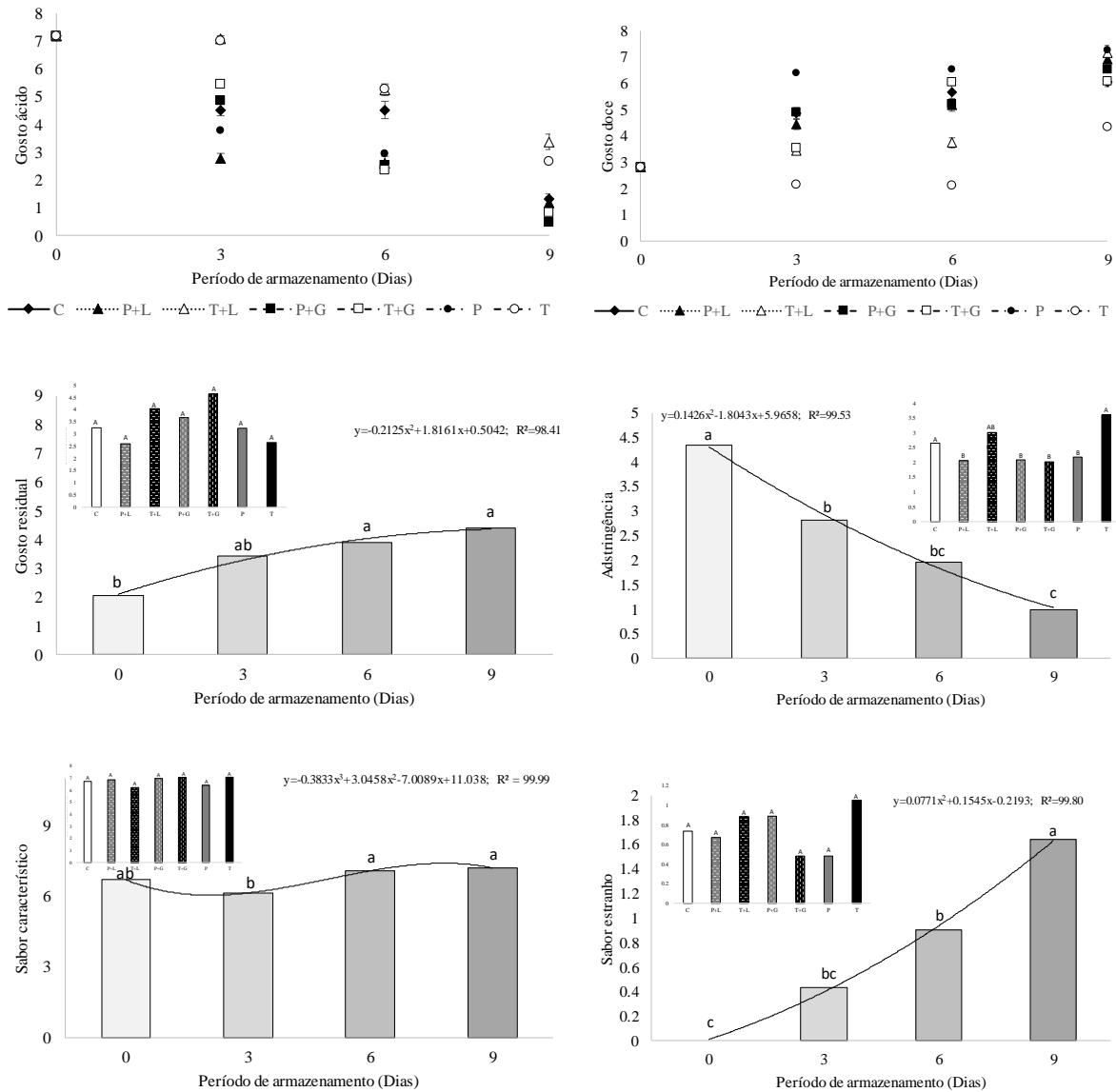


Figura 7: Perfil de sabor em manga ‘Tommy Atkins’ com recobrimentos biodegradáveis armazenadas durante 12 dias na condição ambiente (23 ± 1 °C e $75 \pm 2\%$ UR).. **C** (frutos sem recobrimento); **P+L** (amido de semente de jaca (ASJ) + OE laranja aplicado na região peduncular); **T+L** (ASJ + OE laranja aplicado na área total da manga); **P+G** (ASJ + OE gengibre aplicado na região peduncular); **T+G** (ASJ + OE gengibre aplicado na área total da manga); **P** (ASJ aplicado na região peduncular); **T** (ASJ aplicado na área total da manga). OE: óleo essencial.

A suculência, que é um atributo o perfil de textura, foi apresentando-se maior a partir do 3º dia de armazenamento, demonstrando menores notas para os recobrimentos com amido aplicado na área total da manga (T) e com amido + OE laranja aplicado na área total da manga

(T+L), demonstrando que a associação do amido com óleo essencial de laranja, é capaz de retardar o amadurecimento da manga (Figura 8).

A fibrosidade, apresentou diferença a partir do 6º dia de armazenamento, porém não foi demonstrada diferença significativa entre os recobrimentos aplicados (Figura 8).

A firmeza apresentou declínio a partir do 3º dia de armazenamento, demonstrando valores mais altos para frutos com os recobrimentos com amido aplicado na região peduncular (P) e com amido aplicado na área total da manga (T), ao final dos nove dias de armazenamento (Figura 8).

Azerêdo et al. (2016), constatou que mangas com recobrimento de fécula de mandioca associado à óleo essencial de erva-doce, mantiveram a cor por mais tempo e menor incidência de podridões, porém observou-se manchas e menor suculência.

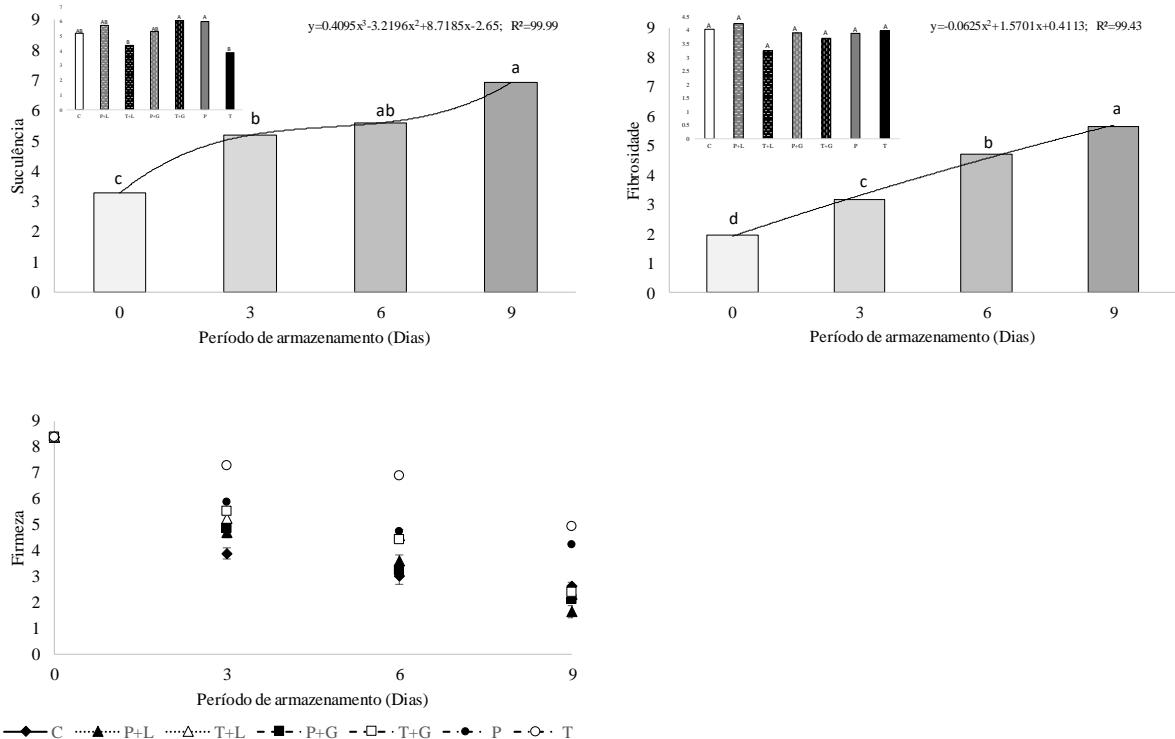


Figura 8: Suculência, fibrosidade e firmeza em manga ‘Tommy Atkins’ com recobrimentos biodegradáveis armazenadas durante 12 dias na condição ambiente ($23 \pm 1^\circ\text{C}$ e $75 \pm 2\%$ UR). **C** (frutos sem recobrimento); **P+L** (amido de semente de jaca (ASJ) + OE laranja aplicado na região peduncular); **T+L** (ASJ + OE laranja aplicado na área total da manga); **P+G** (ASJ + OE gengibre aplicado na região peduncular); **T+G** (ASJ + OE gengibre aplicado na área total da manga); **P** (ASJ aplicado na região peduncular); **T** (ASJ aplicado na área total da manga). OE: óleo essencial.

Ao final dos 12 dias de armazenamento, observou-se que o ácido ascórbico foi mais concentrado em frutos recobertos com amido + OE gengibre aplicado na região peduncular (P+G), apresentando $28,87 \text{ mg.}100\text{g}^{-1}$ de ácido ascórbico (Tabela 2). O declínio no teor de ácido ascórbico é comum, devido à degradação deste composto, resultante de processos oxidativos (BARBERIS et al, 2012; MARTINS et al, 2012).

Tabela 2: Ácido ascórbico em manga ‘Tommy Atkins’ com recobrimentos biodegradáveis armazenadas durante 12 dias na condição ambiente (23 ± 1 °C e $75 \pm 2\%$ UR). **C** (frutos sem recobrimento); **P+L** (amido de semente de jaca (ASJ) + OE laranja aplicado na região peduncular); **T+L** (ASJ + OE laranja aplicado na área total da manga); **P+G** (ASJ + OE gengibre aplicado na região peduncular); **T+G** (ASJ + OE gengibre aplicado na área total da manga); **P** (ASJ aplicado na região peduncular); **T** (ASJ aplicado na área total da manga). OE: óleo essencial.

Recobrimentos	Período de armazenamento (Dias)				
	0	3	6	9	12
Ácido ascórbico (mg.100g⁻¹)					
C	8.30 ^{ab A}	2.43 ^{b A}	3.86 ^{b A}	4.58 ^{b A}	17.67 ^{a AB}
P+L	8.30 ^{a A}	2.42 ^{a A}	3.27 ^{a A}	4.73 ^{a A}	6.76 ^{a B}
T+L	8.30 ^{a A}	2.55 ^{a A}	3.89 ^{a A}	4.56 ^{a A}	7.75 ^{a B}
P+G	8.30 ^{b A}	1.73 ^{b A}	3.90 ^{a A}	8.98 ^{b A}	28.87 ^{a A}
T+G	8.30 ^{a A}	1.90 ^{a A}	3.48 ^{a A}	5.33 ^{a A}	11.88 ^{a B}
P	8.30 ^{a A}	2.53 ^{a A}	3.32 ^{a A}	6.03 ^{a A}	12.28 ^{a B}
T	8.30 ^{a A}	1.68 ^{a A}	2.99 ^{a A}	8.38 ^{a A}	6.18 ^{a B}

Letras minúsculas: diferença entre períodos, nas linhas; Letras maiúsculas: diferença entre tratamentos, nas colunas

Os sólidos solúveis tiveram uma concentração similar para os diferentes recobrimentos, destacando-se os frutos recobertos com amido + OE gengibre aplicado na área total da manga (T+G). Em relação à acidez titulável e pH, os frutos recobertos não apresentaram diferença entre os tratamentos. Entretanto, a relação SS/AT foi maior para os frutos com o recobrimento amido + OE gengibre aplicado na região peduncular (P+G), enquanto a menor foi atribuída aos frutos recobertos com amido aplicado na área total da manga (T) (Tabela 3). Os parâmetros de cor, L, a* e b* são apresentados nas tabelas 4, 5 e 6, respectivamente para cor de fundo, cor de cobertura e cor de polpa.

Tabela 3: Sólidos solúveis (SS), acidez titulável (AT), relação SS/AT, pH. em manga ‘Tommy Atkins’ com recobrimentos biodegradáveis armazenadas durante 12 dias na condição ambiente ($23 \pm 1^\circ\text{C}$ e $75 \pm 2\%$ UR). **C** (frutos sem recobrimento); **P+L** (amido de semente de jaca (ASJ) + OE laranja aplicado na região peduncular); **T+L** (ASJ + OE laranja aplicado na área total da manga); **P+G** (ASJ + OE gengibre aplicado na região peduncular); **T+G** (ASJ + OE gengibre aplicado na área total da manga); **P** (ASJ aplicado na região peduncular); **T** (ASJ aplicado na área total da manga). OE: óleo essencial.

Recobrimentos	Período de armazenamento (Dias)				
	0	3	6	9	12
Sólidos Solúveis – SS (%)					
C	10.06 ^{b A}	12.94 ^{a A}	14.19 ^{a AB}	14.00 ^{a A}	14.44 ^{a AB}
P+L	10.06 ^{b A}	14.63 ^{a A}	12.63 ^{a B}	13.50 ^{a A}	13.63 ^{a B}
T+L	10.06 ^{c A}	14.13 ^{bc A}	13.00 ^{b AB}	15.75 ^{a A}	14.94 ^{ab AB}
P+G	10.06 ^{b A}	14.13 ^{a A}	15.19 ^{a A}	13.75 ^{a A}	14.44 ^{a AB}
T+G	10.06 ^{c A}	13.50 ^{b A}	14.13 ^{ab AB}	15.75 ^{a A}	16.25 ^{a A}
P	10.06 ^{b A}	14.25 ^{a A}	13.50 ^{a AB}	13.94 ^{a A}	14.31 ^{a AB}
T	10.06 ^{c A}	12.25 ^{bc A}	14.13 ^{b AB}	14.94 ^{a A}	15.19 ^{a AB}
Acidez titulável – AT (g.100g⁻¹)					
C	0.96 ^{a A}	0.65 ^{b AB}	0.28 ^{c B}	0.17 ^{c A}	0.17 ^{c A}
P+L	0.96 ^{a A}	0.57 ^{b B}	0.31 ^{bc B}	0.13 ^{c A}	0.16 ^{c A}
T+L	0.96 ^{a A}	0.93 ^{a A}	0.54 ^{b AB}	0.27 ^{bc A}	0.15 ^{c A}
P+G	0.96 ^{a A}	0.60 ^{b AB}	0.27 ^{c B}	0.17 ^{c A}	0.12 ^{c A}
T+G	0.96 ^{a A}	0.70 ^{ab AB}	0.43 ^{b AB}	0.10 ^{c A}	0.20 ^{bc A}
P	0.96 ^{a A}	0.56 ^{b B}	0.41 ^{bc AB}	0.10 ^{c A}	0.16 ^{c A}
T	0.96 ^{a A}	0.94 ^{a A}	0.69 ^{ab A}	0.44 ^{b A}	0.24 ^{c A}
Relação SS/AT					
C	10.55 ^{b A}	25.43 ^{b A}	66.23 ^{a A}	92.86 ^{a BC}	84.01 ^{a B}
P+L	10.55 ^{c A}	28.19 ^{bc A}	50.67 ^{b AB}	105.71 ^{a B}	87.84 ^{a AB}
T+L	10.55 ^{c A}	15.90 ^{c A}	25.17 ^{c B}	60.15 ^{b CD}	97.10 ^{a AB}
P+G	10.55 ^{c A}	26.34 ^{c A}	66.48 ^{b A}	89.84 ^{ab C}	118.72 ^{a A}
T+G	10.55 ^{b A}	20.27 ^{b A}	38.46 ^{b AB}	113.16 ^{a AB}	85.01 ^{a AB}
P	10.55 ^{d A}	25.88 ^{cd A}	49.33 ^{c AB}	140.42 ^{a A}	91.51 ^{b AB}
T	10.55 ^{b A}	13.98 ^{b A}	37.05 ^{b AB}	29.74 ^{ab D}	63.31 ^{a B}
pH					
C	3.29 ^{a A}	3.85 ^{b AB}	5.07 ^{a A}	5.16 ^{a A}	5.33 ^{a A}
P+L	3.29 ^{d A}	3.93 ^{c AB}	4.58 ^{b AB}	5.26 ^{a A}	5.52 ^{a A}
T+L	3.29 ^{c A}	3.59 ^{c AB}	4.13 ^{b B}	4.40 ^{b B}	5.24 ^{a A}
P+G	3.29 ^{c A}	4.06 ^{b A}	4.43 ^{b B}	5.05 ^{a A}	5.32 ^{a A}
T+G	3.29 ^{c A}	3.64 ^{bc AB}	4.09 ^{b B}	4.93 ^{a A}	5.21 ^{a A}
P	3.29 ^{c A}	4.05 ^{b A}	4.42 ^{b B}	5.13 ^{a A}	5.18 ^{a A}
T	3.29 ^{b A}	3.47 ^{b B}	4.40 ^{b B}	3.63 ^{a C}	4.58 ^{a B}

Letras minúsculas: diferença entre períodos, nas linhas; Letras maiúsculas: diferença entre tratamentos, nas colunas

SS/AT: Sólidos solúveis/ acidez titulável

Tabela 4: Cor (L, a, b) da cor de fundo em manga ‘Tommy Atkins’ com recobrimentos biodegradáveis armazenadas durante 12 dias na condição ambiente ($23 \pm 1^\circ\text{C}$ e $75 \pm 2\%$ UR). C (frutos sem recobrimento); P+L (amido de semente de jaca (ASJ) + OE laranja aplicado na região peduncular); T+L (ASJ + OE laranja aplicado na área total da manga); P+G (ASJ + OE gengibre aplicado na região peduncular); T+G (ASJ + OE gengibre aplicado na área total da manga); P (ASJ aplicado na região peduncular); T (ASJ aplicado na área total da manga). OE: óleo essencial.

Recobrimentos	Período de armazenamento (Dias)				
	0	3	6	9	12
Luminosidade					
C	45.44 ^{c A}	49.91 ^{bc A}	52.79 ^{ab A}	53.51 ^{ab AB}	57.64 ^{a A}
P+L	45.44 ^{c A}	52.68 ^{bc A}	50.35 ^{ab AB}	53.69 ^{ab AB}	57.23 ^{a AB}
T+L	45.44 ^{a A}	46.35 ^{a A}	44.53 ^{a B}	45.30 ^{a C}	50.58 ^{a BC}
P+G	45.44 ^{b A}	49.61 ^{b A}	48.44 ^{b AB}	56.24 ^{a A}	56.91 ^{a AB}
T+G	45.44 ^{a A}	47.53 ^{a A}	45.85 ^{a B}	49.20 ^{a BC}	50.78 ^{a BC}
P	45.44 ^{b A}	51.59 ^{ab A}	47.24 ^{b AB}	56.53 ^{a A}	54.03 ^{a AB}
T	45.44 ^{a A}	46.73 ^{a A}	49.63 ^{a AB}	48.13 ^{a BC}	47.23 ^{a C}
Cor a*					
C	-6.89 ^{b A}	-5.24 ^{b AB}	-0.23 ^{b A}	1.33 ^{b BC}	19.23 ^{a A}
P+L	-6.89 ^{c A}	0.11 ^{bc AB}	-3.16 ^{bc A}	2.95 ^{b BC}	17.51 ^{a A}
T+L	-6.89 ^{a A}	-7.61 ^{a B}	-7.56 ^{a A}	-6.03 ^{a C}	1.18 ^{a BC}
P+G	-6.89 ^{d A}	2.94 ^{bc A}	-4.43 ^{cd A}	7.03 ^{b AB}	19.06 ^{a A}
T+G	-6.89 ^{b A}	-6.84 ^{b AB}	-6.38 ^{b A}	-2.04 ^{b BC}	10.80 ^{a AB}
P	-6.89 ^{b A}	-1.66 ^{b AB}	-6.69 ^{b A}	12.28 ^{a A}	16.05 ^{a A}
T	-6.89 ^{a A}	-3.89 ^{a AB}	-2.84 ^{a A}	-6.09 ^{a C}	-4.38 ^{a C}
Cor b*					
C	28.01 ^{d A}	39.38 ^{c A}	43.85 ^{bc A}	48.39 ^{ab AB}	55.64 ^{a A}
P+L	28.01 ^{c A}	42.80 ^{ab A}	39.85 ^{b AB}	47.79 ^{ab AB}	49.39 ^{a BC}
T+L	28.01 ^{b A}	35.45 ^{b AB}	32.31 ^{b B}	36.15 ^{ab C}	44.34 ^{a BC}
P+G	28.01 ^{c A}	38.94 ^{b A}	39.00 ^{b AB}	54.64 ^{a A}	54.60 ^{a AB}
T+G	28.01 ^{c A}	35.05 ^{bc AB}	34.46 ^{bc B}	40.19 ^{ab BC}	46.20 ^{a BC}
P	28.01 ^{c A}	39.88 ^{b A}	39.36 ^{b AB}	51.60 ^{a A}	51.75 ^{a AB}
T	28.01 ^{b A}	29.64 ^{b B}	36.34 ^{ab AB}	35.74 ^{ab C}	38.88 ^{a C}

Letras minúsculas: diferença entre períodos, nas linhas; Letras maiúsculas: diferença entre tratamentos, nas colunas

Tabela 5: Cor (L, a, b) da cor de cobertura e na condição ambiente (23 ± 1 °C e $75 \pm 2\%$ UR).m manga ‘Tommy Atkins’ com recobrimentos biodegradáveis armazenadas durante 12 dias. **C** (frutos sem recobrimento); **P+L** (amido de semente de jaca (ASJ) + OE laranja aplicado na região peduncular); **T+L** (ASJ + OE laranja aplicado na área total da manga); **P+G** (ASJ + OE gengibre aplicado na região peduncular); **T+G** (ASJ + OE gengibre aplicado na área total da manga); **P** (ASJ aplicado na região peduncular); **T** (ASJ aplicado na área total da manga). OE: óleo essencial.

Recobrimentos	Período de armazenamento (Dias)				
	0	3	6	9	12
Luminosidade					
C	35.95 ^{a A}	43.03 ^{a A}	41.70 ^{a A}	36.48 ^{a AB}	42.84 ^{a AB}
P+L	35.95 ^{b A}	33.95 ^{b A}	40.78 ^{ab A}	48.05 ^{a A}	43.14 ^{ab AB}
T+L	35.95 ^{a A}	34.58 ^{a A}	42.91 ^{a A}	34.39 ^{a B}	37.03 ^{a B}
P+G	35.95 ^{b A}	42.68 ^{ab A}	37.89 ^{b A}	40.83 ^{ab AB}	51.63 ^{a A}
T+G	35.95 ^{a A}	42.38 ^{a A}	33.75 ^{a A}	35.83 ^{a B}	38.83 ^{a B}
P	35.95 ^{a A}	38.06 ^{a A}	40.03 ^{a A}	37.98 ^{a AB}	40.24 ^{a AB}
T	35.95 ^{a A}	34.90 ^{a A}	37.23 ^{a A}	40.34 ^{a AB}	39.04 ^{a B}
Cor a*					
C	18.21 ^{a A}	33.93 ^{ab A}	36.89 ^{a A}	40.25 ^{a AB}	40.94 ^{a A}
P+L	18.21 ^{b A}	33.65 ^{ab A}	28.06 ^{ab AB}	25.58 ^{ab B}	41.41 ^{a A}
T+L	18.21 ^{bc A}	21.29 ^{bc AB}	14.23 ^{c B}	34.75 ^{ab AB}	39.70 ^{a A}
P+G	18.21 ^{b A}	26.60 ^{ab AB}	28.90 ^{ab AB}	37.48 ^{a AB}	31.35 ^{ab A}
T+G	18.21 ^{b A}	13.70 ^{b B}	24.69 ^{ab AB}	28.43 ^{ab AB}	40.26 ^{a A}
P	18.21 ^{c A}	29.20 ^{bc AB}	20.16 ^{c AB}	47.83 ^{a A}	39.79 ^{ab A}
T	18.21 ^{a A}	25.68 ^{a AB}	24.66 ^{a AB}	31.08 ^{a AB}	22.60 ^{a A}
Cor b*					
C	13.93 ^{b A}	23.33 ^{ab A}	24.41 ^{ab A}	24.41 ^{ab}	33.45 ^{a AB}
P+L	13.93 ^{c A}	18.78 ^{bc A}	25.79 ^{bc A}	40.68 ^{a A}	33.56 ^{ab AB}
T+L	13.93 ^{a A}	16.20 ^{a A}	28.14 ^{a A}	17.39 ^{a B}	24.59 ^{a B}
P+G	13.93 ^{c A}	26.14 ^{bc A}	23.24 ^{bc A}	28.89 ^{b AB}	44.21 ^{a A}
T+G	13.93 ^{a A}	28.85 ^{a A}	15.43 ^{a A}	22.04 ^{a B}	27.69 ^{a B}
P	13.93 ^{a A}	21.60 ^{a A}	23.86 ^{a A}	21.84 ^{a B}	28.34 ^{a AB}
T	13.93 ^{a A}	18.44 ^{a A}	19.65 ^{a A}	25.23 ^{a AB}	26.50 ^{a B}

Letras minúsculas: diferença entre períodos, nas linhas; Letras maiúsculas: diferença entre tratamentos, nas colunas

Tabela 6: Cor (L, a, b) da polpa em manga ‘Tommy Atkins’ com recobrimentos biodegradáveis armazenadas durante 12 dias na condição ambiente ($23 \pm 1^\circ\text{C}$ e $75 \pm 2\%$ UR).. **C** (frutos sem recobrimento); **P+L** (amido de semente de jaca (ASJ) + OE laranja aplicado na região peduncular); **T+L** (ASJ + OE laranja aplicado na área total da manga); **P+G** (ASJ + OE gengibre aplicado na região peduncular); **T+G** (ASJ + OE gengibre aplicado na área total da manga); **P** (ASJ aplicado na região peduncular); **T** (ASJ aplicado na área total da manga). OE: óleo essencial.

Recobrimentos	Período de armazenamento (Dias)				
	0	3	6	9	12
Luminosidade					
C	73.69 ^{a A}	68.73 ^{b A}	67.03 ^{b A}	64.26 ^{ab AB}	62.00 ^{c AB}
P+L	73.69 ^{a A}	66.11 ^{b A}	66.99 ^{b A}	62.58 ^{b B}	64.79 ^{b AB}
T+L	73.69 ^{a A}	69.25 ^{ab A}	69.78 ^{ab A}	67.70 ^{bc AB}	64.96 ^{c AB}
P+G	73.69 ^{a A}	66.25 ^{bc A}	67.61 ^{b A}	60.79 ^{d B}	61.95 ^{cd AB}
T+G	73.69 ^{a A}	67.26 ^{bc A}	69.34 ^{ab A}	64.38 ^{cd AB}	61.04 ^{d B}
P	73.69 ^{a A}	66.16 ^{b A}	65.89 ^{b A}	62.51 ^{b B}	65.46 ^{b AB}
T	73.69 ^{a A}	69.75 ^{ab A}	67.05 ^{b A}	69.05 ^{ab A}	67.11 ^{b A}
Cor a*					
C	5.78 ^{d A}	13.10 ^{c AB}	15.51 ^{bc A}	17.85 ^{ab AB}	20.04 ^{a A}
P+L	5.78 ^{c A}	13.85 ^{b AB}	15.58 ^{ab A}	18.03 ^{a AB}	19.10 ^{a A}
T+L	5.78 ^{c A}	11.86 ^{b AB}	11.86 ^{b A}	14.60 ^{ab BC}	17.34 ^{a AB}
P+G	5.78 ^{c A}	14.60 ^{b A}	14.91 ^{b A}	20.24 ^{a A}	19.78 ^{a A}
T+G	5.78 ^{c A}	11.34 ^{b AB}	12.49 ^{b A}	16.81 ^{a AB}	18.36 ^{a AB}
P	5.78 ^{d A}	14.98 ^{b c A}	14.33 ^{c A}	18.49 ^{ab AB}	19.21 ^{a A}
T	5.78 ^{c A}	9.73 ^{bc B}	12.56 ^{ab A}	10.68 ^{ab C}	14.30 ^{a B}
Cor b*					
C	62.42 ^{a A}	52.36 ^{b B}	69.95 ^{a A}	69.18 ^{a A}	67.79 ^{a A}
P+L	62.42 ^{a A}	67.31 ^{a A}	69.91 ^{a A}	70.29 ^{a A}	71.00 ^{a A}
T+L	62.42 ^{a A}	66.00 ^{a A}	69.08 ^{a A}	70.14 ^{a A}	69.84 ^{a A}
P+G	62.42 ^{a A}	68.81 ^{a A}	70.49 ^{a A}	69.41 ^{a A}	65.93 ^{a A}
T+G	62.42 ^{a A}	69.96 ^{a A}	70.08 ^{a A}	70.73 ^{a A}	69.80 ^{a A}
P	62.42 ^{a A}	65.10 ^{a A}	68.93 ^{a A}	71.03 ^{a A}	69.83 ^{a A}
T	62.42 ^{b A}	66.61 ^{ab A}	72.30 ^{a A}	68.74 ^{ab A}	69.33 ^{ab A}

Letras minúsculas: diferença entre períodos, nas linhas; Letras maiúsculas: diferença entre tratamentos, nas colunas

Os frutos sem recobrimento iniciam a quebra do verde da cor de fundo a partir do terceiro dia armazenamento, essa mudança na coloração é seguida de aumento da desidratação e perda de brilho. O recobrimento na área do pedúnculo promove um retardo na quebra da cor de fundo em pelo menos 3 dias, sendo esse efeito intensificado com a utilização dos óleos essenciais. As mangas sob recobrimento parcial apresentam menor desidratação e maior brilho do que as mangas sem recobrimento. Já as mangas sob recobrimento total, apresentaram maior brilho e menor desidratação que as demais, com aumento em mais 3 dias, para início da quebra de cor. Recobrimento e óleo essencial já demonstraram proporcionar uma preservação ideal na pós-colheita de manga (Naem et al., 2018).

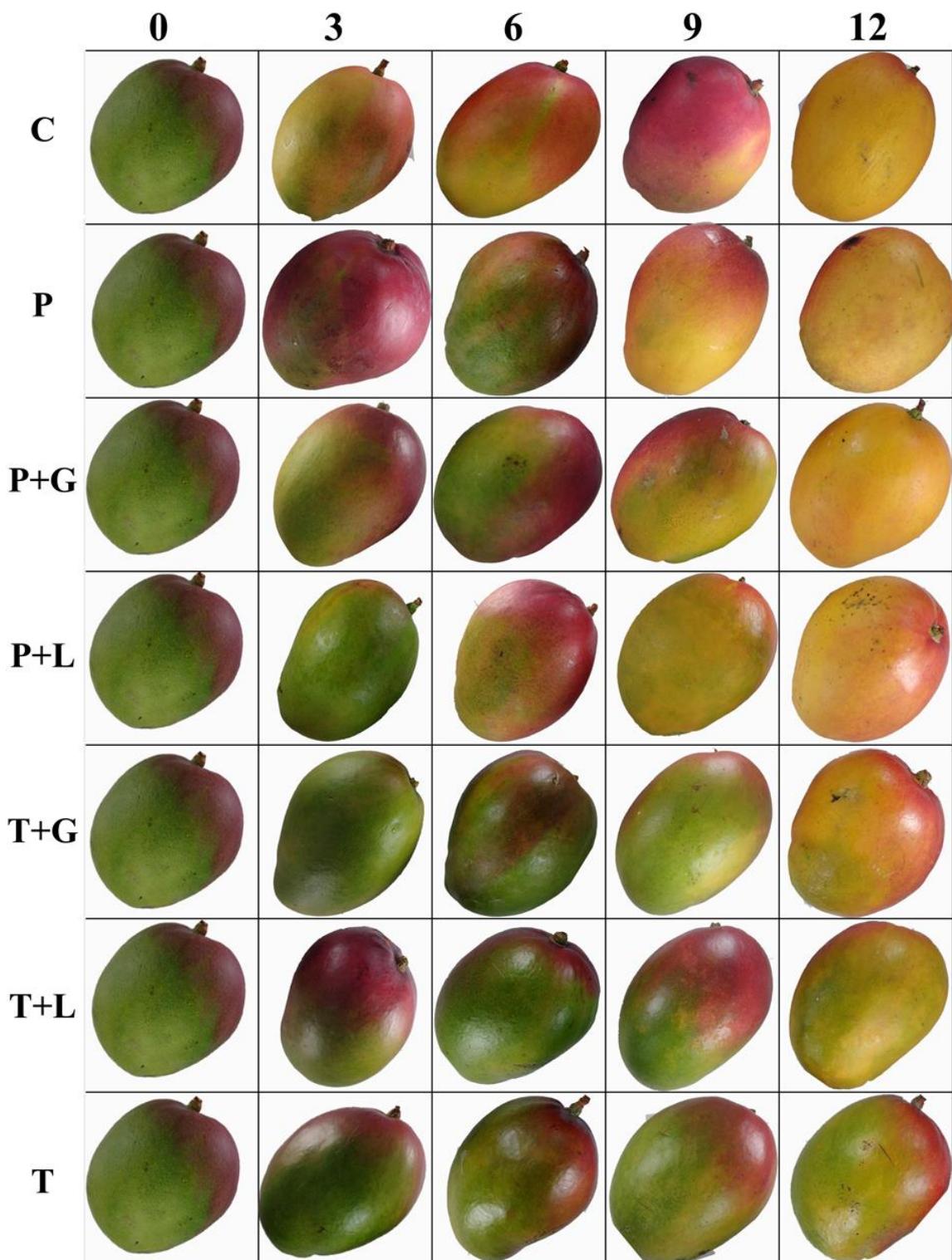


Figura 9: Aparência de manga ‘Tommy Atkins’ com recobrimentos biodegradáveis armazenadas durante 12 dias na condição ambiente ($23 \pm 1^\circ\text{C}$ e $75 \pm 2\%$ UR). **C** (frutos sem recobrimento); **P+L** (amido de semente de jaca (ASJ) + OE laranja aplicado na região peduncular); **T+L** (ASJ + OE laranja aplicado na área total da manga); **P+G** (ASJ + OE gengibre aplicado na região peduncular); **T+G** (ASJ + OE gengibre aplicado na área total da manga); **P** (ASJ aplicado na região peduncular); **T** (ASJ aplicado na área total da manga). OE: óleo essencial.

Ao analisar todos os dados através análise hierárquica de agrupamento e mapa de cor, foi definido o agrupamento dos recobrimentos x período de armazenamento em quatro grupos distintos. O primeiro grupo, referente a todos os tratamentos no dia 0, este grupo foi formado por conta da similaridade entre os tratamentos ao início do experimento. O segundo grupo formado foi composto por todos os recobrimentos no dia 3 além do recobrimento T+G e T, ambos no dia 6 de armazenamento, estes dois recobrimentos foram adicionados a este grupo, pois apresentaram um retardo maior no desenvolvimento das características de cor, caracterizando a predominância da coloração verde mais intenso. E o grupo IV, foram os recobrimentos C, T+G, P+L, P+G, P aos 9 dias de armazenamento e C aos 6 dias de armazenamento. O que influenciou na formação deste grupo foi a alta desidratação, maior perda de massa, bem como aumento do pH.

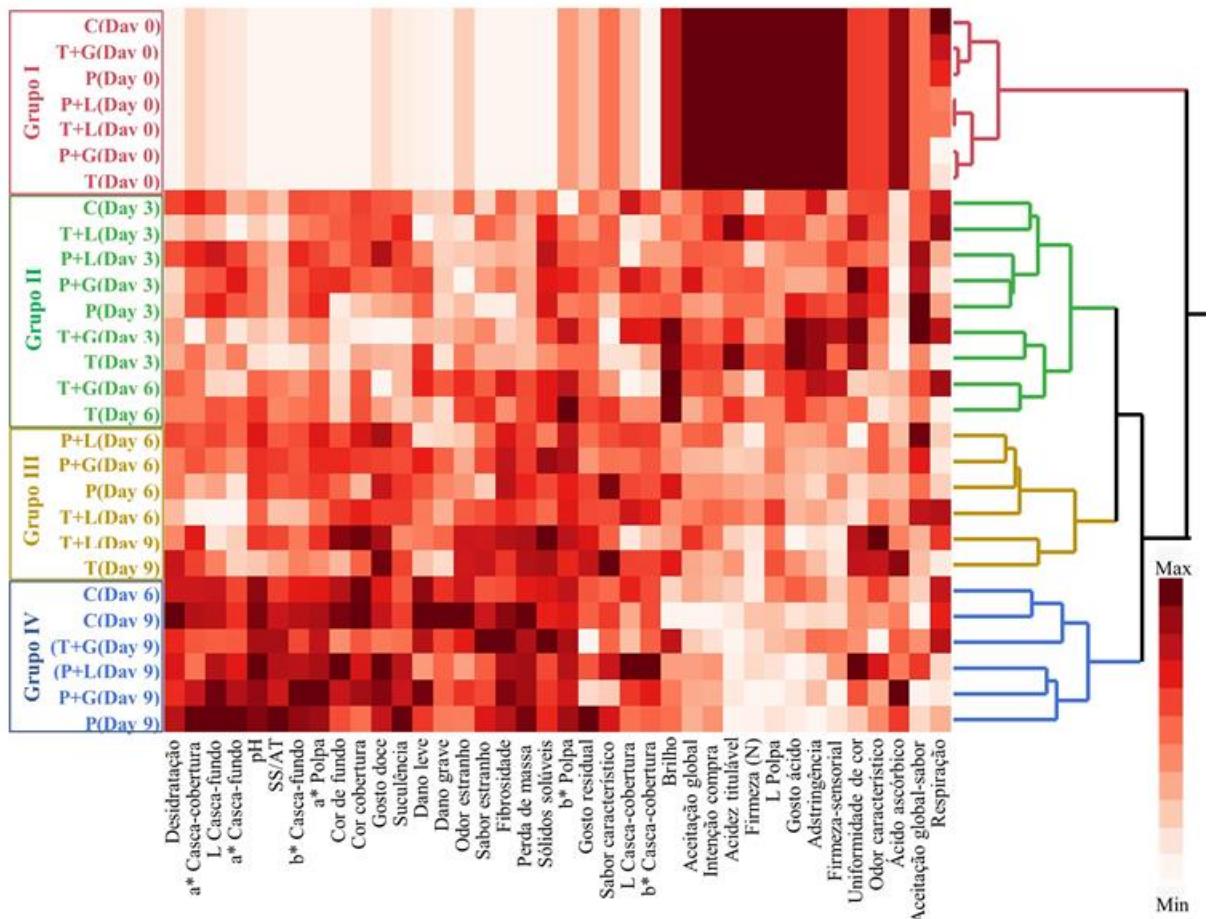


Figura 10. Análise hierárquica de agrupamento e mapa de cor para as características sensoriais, fisico-químicas, respiração, perda de massa e firmeza de manga ‘Tommy Atkins’ com recobrimentos biodegradáveis armazenadas durante 12 dias na condição ambiente ($23 \pm 1^\circ\text{C}$ e $75 \pm 2\%$ UR).. **C** (frutos sem recobrimento); **P+L** (amido de semente de jaca (ASJ) + OE laranja aplicado na região peduncular); **T+L** (ASJ + OE laranja aplicado na área total da manga); **P+G** (ASJ + OE gengibre aplicado na região peduncular); **T+G** (ASJ + OE gengibre aplicado na área total da manga); **P** (ASJ aplicado na região peduncular); **T** (ASJ aplicado na área total da manga). OE: óleo essencial.

4. Conclusão

A forma de aplicação do recobrimento (parcial ou total) afeta a fisiologia e qualidade de mangas ‘Tommy Atkins’, nas condições desta pesquisa;

Na forma de aplicação na região peduncular, a utilização de óleos essenciais introduzidos nos recobrimentos pode intensificar o efeito do recobrimento na manutenção da qualidade e retardar na maturação. Por outro lado, a utilização de óleos essenciais em recobrimentos na área total é um atenuador dos efeitos deletérios que o recobrimento total pode causar;

Uso de recobrimento na área do pedúnculo promove aumento na vida útil de pelo menos 3 dias, já o recobrimento total aumenta esse tempo em pelo menos 6 dias;

Agradecimentos

The authors thank the CNPq (Proc. 403847/2013-3 and 401515/2014-1) for the financial support, and Capes (PDSE 99999.010621/2014-08) for the fellowship to George Henrique Camêlo Guimarães.

Referências

- Ali, S.B., Ghatak, B., Debabuti, N., Sharma, P., Ghosh, A., Tadu, B., Bhattacharya, N., Bandyopadhyay, R., 2018. Detection of β -caryophyllene in mango using a quartz crystal microbalance sensor. Sensors and Actuators B: Chemical. 255, 3064–3073.
<https://doi.org/10.1016/j.snb.2017.09.131>.
- Aloui, H., Khwaldia, K., Licciardello, F., Mazzaglia, A., Muratore, G., Hamdi, M., & Restuccia, C. (2014). Efficacy of the combined application of chitosan and Locust Bean Gum with different citrus essential oils to control postharvest spoilage caused by *Aspergillus flavus* in dates. International Journal of Food Microbiology, 170, 21–28.
<http://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2013.10.017>
- Amariz, A., Lima, M. A. C., Trindade, D. C. G., Santos, A. C. N., Ribeiro, T. P., 2010. Recobrimentos à base de carboximetilcelulose e dextrina em mangas ‘Tommy Atkins’ armazenadas sob refrigeração. Ciência Rural, Santa Maria, v.40, n.10, p. 2199-2205.

- Azerêdo, L. P. M.; Silva, S. D. M.; Lima, M. A. C.; Dantas, R. L.; Pereira, W. E. 2016. Quality of ‘Tommy Atkins’ mango from integrated production coated with cassava starch associated with essential oils and chitosan. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 38, 141–150.
- Barberis, A., Fadda, A., Schirra, M., Bazzu, G., & Serra, P. A. (2012). Detection of postharvest changes of ascorbic acid in fresh-cut melon, kiwi, and pineapple, by using a low cost telemetric system. *Food Chemistry*, 135, 1555–1562.
- Beaudry, R.M., 2000. Responses of horticultural commodities to low oxygen: Limits to the expanded use of modified atmosphere packaging. *HortTechnology*. 10, 491–500.
- Bonneau, A., Boulanger, R., Lebrun, M., Maraval, I., Valette, J., Guichard, E., Gunata, Z., 2018. Impact of fruit texture on the release and perception of aroma compounds during in vivo consumption using fresh and processed mango fruits. *Food Chemistry*. 239, 806–815.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.07.017>.
- Dantas, A.L.; Silva, S.M.; Dantas, R.L.; Schunemann, A.P.P. 2016. Desenvolvimento, fisiologia da maturação e indicadores do ponto de colheita de frutos da umbugueleira (*Spondias* sp.). *Revista Brasileira de Fruticultura, Jaboticabal*, v.38, p.33-42.
- Dhital, R., Mora, N.B., Watson, D.G., Kohli, P., Choudhary, R. 2018. Efficacy of limonene nano coatings on post-harvest shelf life of strawberries. *LWT - Food Science and Technology*. 97, 124–134. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.06.038>
- Guimarães, G.H.C., Silva, R.S., Madruga, M.S., Sousa, A.S.B., Brito, A.L., Lima, R.P., Mendonça, R.M.N., Beaudry, R.M., Silva, S.M., 2018. Effect of plant-based coatings on the volatile profile of ‘Pérola’ pineapple. *Acta Horticulturae*. 1, 1519–1526.
<http://doi.10.17660/ActaHortic.2018.1194.212>.

Hashtjin, A.M., Abbasi, S. 2015. Nano-emulsification of orange peel essential oil using sonication and native gums. *Food Hydrocolloids*.44, 40-48

Kittipongpatana, O., Kittipongpatana, N. 2011. Preparation and physicochemical properties of modified jackfruit starches. *LWT - Food Science and Technology*. 44, 1766-1773.
doi:10.1016/j.lwt.2011.03.023

Klangmuang, P., Sothornvit, R. 2018. Active coating from hydroxypropyl methylcellulose-based nanocomposite incorporated with Thai essential oils on mango (cv. Namdokmai Sithong). *Food Bioscience*, 23 9–15. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2018.02.012>

Kumar, M.N., Ram, A., 2018. Tree age affects postharvest attributes and mineral content in Amrapali mango (*Mangifera indica*) fruits. *Horticultural Plant Journal*. 4, 55–61.
<https://doi.org/10.1016/j.hpj.2018.01.005>.

Lei, H., Wei, Q., Wang, Q., Su, A., Xue, M., Liu, Q., Hu, Q. 2017. Characterization of ginger essential oil/palygorskite composite (GEO-PGS) and its anti-bacteria activity. *Materials Science and Engineering C*. 73, 381–387. <http://dx.doi.org/10.1016/j.msec.2016.12.093>.

Lima, A. B., Silva, S. M., Rocha, A., Nascimento, L. C., & Ramalho, F. S. (2012). Conservação pós-colheita de manga ‘Tommy Atkins’ orgânica sob recobrimentos bio-orgânicos. *Revista Brasileira Fruticultura*, 34(3), 704-710.

Martins, L. P., Silva, S. M., Silva, A. P., Cunha, G. A. P., Mendonça, R. M. N., Vilar, L. C., Mascena, J., & Lacerda, J. T. (2012). Conservação pós-colheita de abacaxi ‘Pérola’ produzido em sistemas convencional e integrado. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 34, 695-703.

Mastromatteo, M., Mastromatteo, M., Conte, A., Nobile, M.A.D. 2011. Combined effect of active coating and MAP to prolong the shelf life of minimally processed kiwifruit (*Actinidia*

deliciosa cv. Hayward). Food Research International. 44, 1224–1230.

doi:10.1016/j.foodres.2010.11.002

Naem, A., Tanveer, A., Tahira, M. A., Hasnain, A., 2018. Effect of guar gum coatings containing essential oils on shelf life and nutritional quality of green-unripe mangoes during low temperature storage. International Journal of Biological Macromolecules. 113, 403–410

Rodrigues, A. A.M., Silva, S. M., Dantas, A. L., Silva, A. F., Santos, L. S., Moreira, D. N. 2018. Physiology and postharvest conservation of ‘Paluma’ guava under coatings using jack fruit seed-based starch. Revista Brasileira de Fruticultura. 40, 01-08.

<http://dx.doi.org/10.1590/0100-29452018352>

Salinas-Roca, B., Guerreiro, A., Welti-Chanes, J., Antunes, M.D.C., Martín-Belloso, O., 2018. Improving quality of fresh-cut mango using polysaccharide-based edible coatings. International Journal of Food Science and Technology. 53, 938–945.

<http://doi:10.1111/ijfs.13666>.

Salvia-Trujillo, L., Rojas-Graü, A., Soliva-Fortuny, R., Martín-Belloso, O., 2015. Use of antimicrobial nanoemulsions as edible coatings: Impact on safety and quality attributes of fresh-cut *Fuji* apples. Postharvest Biology and Technology. 105, 8–16.

<http://dx.doi.org/10.1016/j.postharvbio.2015.03.009>.

Silva, F.T., Cunha, K.F., Fonseca, L.M., Antunes, M.D., El Hala, S.L.M., Fiorentini, A.M., Zavareze, E.R., Dias, A.R.G. 2018. Action of ginger essential oil (*Zingiber officinale*) encapsulated in proteins ultrafine fibers on the antimicrobial control *in situ*. International Journal of Biological Macromolecules. 118, 107–115.

<http://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2018.06.079>.

Soler, A., Marie-Alphonsine, P., Corbion, C., Quénéhervé, P. 2013. Differential response of two pineapple cultivars (*Ananas comosus* (L.) Merr.) to SAR and ISR inducers against the nematode *Rotylenchulus reniformis*. *Crop Protection*, 54, 48-54.

<http://dx.doi.org/10.1016/j.cropro.2013.07.012>

Thakur, R., Pristijono, P., Golding, J.B., Stathopoulos, C.E., Scarlett, C.J., Bowyer, M., Singh, S.P., Vuong, Q.V., 2018. Development and application of rice starch based edible coating to improve the postharvest storage potential and quality of plum fruit (*Prunus salicina*). *Scientia Horticulturae*. 237, 59–66. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2018.04.005>.

CONCLUSÕES GERAIS

A crescente demanda por estudos na área de filmes e recobrimentos biodegradáveis vêm impulsionando pesquisas que valorizem matérias primas regionais com potencial para utilização, por possuírem altos teores de polissacarídeos disponíveis para uso tecnológico. Nesta perspectiva, a utilização de amido de sementes de jaca em uma ótica de aproveitamento de produtos com pouca importância econômica, que é o caso das semente, apresenta grande possibilidade de uso.

Entretanto, estudos aprofundados sobre amidos não convencionais ainda são escassos. No presente trabalho, foi avaliado a utilização de amido de sementes de jaca para formulação de filmes biodegradáveis com características diferenciadas, bem como sua aplicação para formação de atmosfera modificada com potencialidade de utilização para produtos vegetais. Além da utilização de amido de sementes de jaca na forma de filmes, este amido também foi estudado na forma de recobrimentos. Como agentes modificadores da atmosfera de armazenamento e influenciando na liberação de voláteis, transpiração, taxa respiratória, e características sensoriais e físico-químicas.

Diante do abordado, foi observado a importância de estudos que aprofundem assuntos como: fontes de amido não convencionais, otimização de processos de extração de amido, geatinização e formação dos recobrimentos e filmes, formas de aplicação e de que maneira todas essas características podem afetar a fisiologia e qualidade de produtos vegetais.