

CONSERVAÇÃO PÓS-COLHEITA DE BIRI-BIRI (*Averrohoa bilimbi L.*) COM REVESTIMENTOS COMESTÍVEIS A BASE DE AMIDO E GELATINA

POST-HARVEST CONSERVATION OF BIRI-BIRI (*Averrohoa bilimbi L.*) WITH STARTER AND GELATIVE EDIBLE COATINGS

DOI: <https://doi.org/10.31692/2764-3425.v1i2.28>

¹ DJALMA VITORINO COSTA FILHO

Técnico em alimentos, vigilância sanitária e qualidade dos alimentos, FAVENI,
djalma.vitorino@vitorino.ifpe.edu.br

² EDVAN DE MOURA FALCÃO NETO

Bacharelado em agronomia, IFPE, edvandoduxo.13@gmail.com

³ GEOVANA SILVA ALVES

Tecnologia de Alimentos, IF-Sertão Pernambucano, geovanasilva183@yahoo.com.br

⁴ PRISCILA ARNELINA PEREIRA DA SILVA

Tecnologia de Alimentos, IF-Sertão Pernambucano, priscillasilva187@gmail.com

⁵ EDISIO RAIMUNDO DA SILVA

Engenheiro Agrônomo e Professor, IFPE-Campus Vitória de Santo Antão,
raimundo.silva@vitoria.ifpe.edu.br

RESUMO

O biri-biri (*Averrhoa bilimbi* L.) pertencente à família das *Oxalidaceae*, assim como a carambola (*Averrhoa carambola* L.) entretanto diferentes no sabor, características físicas e utilização, é bastante cultivado e utilizado em países de clima tropical. Têm provavelmente sua origem nas Ilhas Molucas e cultivado no sudeste asiático, em países como Índia, Malásia, Tailândia e países da América do Sul, incluindo o Brasil. Diante das condições apresentadas o presente trabalho teve como objetivo avaliar as características de conservação dos frutos de biri-biri (*Averrhoa bilimbi* L.) submetidos a diferentes concentrações de revestimento comestível de amido e gelatina, verificando a manutenção das variáveis de qualidade: físicas e físico-químicas durante o armazenamento. Os frutos de biri-biri (*Averrhoa bilimbi* L.) foram revestidos em biofilmes de amido e gelatina, em concentrações de 5%, 10%, 15% e, 2%, 3% e 4%, respectivamente. Armazenados em triplicata em BOD a uma temperatura de 25°C e analisados físico e físico-quimicamente a cada três dias durante dezoito dias de armazenamento. A análise estatística foi realizada em esquema fatorial (2 x 3 x 7). Para comparação entre as médias foi utilizado o teste de Tukey a 5% de significância, utilizando o programa ASSISTAT versão 7.7 betas. O presente estudo leva-nos a recomendar o uso do filme de Amido 5% como filme na conservação do Biri-biri (*Averrhoa bilimbi* L.). Para trabalhos futuros recomenda-se um controle da umidade da BOD, realização de um planejamento fatorial sob o filme de amido 5% e realização de testes com o filme de gelatina aumentando a concentração da mesma.

Palavras-Chave: armazenamento; *Oxalidaceae*; revestimentos comestíveis.

ABSTRACT

The biri-biri (*Averrhoa bilimbi* L.) belonging to the *Oxalidaceae* family, as well as the carambola (*Averrhoa carambola* L.), however different in taste, physical characteristics and use, is widely cultivated and used in tropical countries. They probably have their origin in the Moluccan Islands and cultivated in Southeast Asia, in countries like India, Malaysia, Thailand and countries of South America, including Brazil. In view of the conditions presented, the objective of this study was to evaluate the conservation characteristics of the biri-biri (*Averrhoa bilimbi* L.) fruits submitted to different concentrations of edible coating of starch and gelatin, verifying the maintenance of quality variables: physical and physical during storage. Biri-biri (*Averrhoa bilimbi* L.) fruits were coated on 5%, 10%, 15% and 2%, 3% and 4% biofilms of starch and gelatin biofilms, respectively. Stored in triplicate in BOD at a temperature of 25 ° C and analyzed physically and physico-

chemically every three days for eighteen days of storage. Statistical analysis was performed in a factorial scheme (2 x 3 x 7). To compare the means, the Tukey test was used at 5% of significance using the ASSISTAT versio 7.7 beta program. The present study leads us to recommend the use of 5% Starch film as a film in the conservation of Biri-biri (*Averrhoa bilimbi* L.). For future work it is recommended to control the humidity of the BOD, perform a factorial planning under the starch film 5% and perform tests with the gelatin film increasing the concentration of the same.

Keywords: edible coatings; *Oxalidaceae*; storage.

INTRODUÇÃO

O biri-biri (*Averrhoa bilimbi* L.) pertencente à família das *Oxalidaceae*, assim como a carambola (*Averrhoa carambola* L.), entretanto diferentes no sabor, características físicas e utilização, é bastante cultivado em países de clima tropical. Têm provavelmente sua origem nas Ilhas Molucas é encontrado no sudeste asiático, em países como Índia, Malásia, Tailândia e países da América do Sul, incluindo o Brasil. No território nacional se têm cultivos nos estados do Amazonas, Rio de Janeiro, Pará e Santa Catarina. É conhecido por diferentes nomes: “bilimbi”, “bilimbino”, “biri-biri”, “amarela de caramboleira”, “azedinha”, “azedinho” ou “limão caiena” (PASCHOALIN, *et al.*, 2014).

A pesquisa e inovação, direcionadas a área de ciência e tecnologia dos alimentos cada vez mais induz as indústrias alimentícias a buscarem alternativas inteligentes, no intuito de aumentar o tempo de conservação de alimentos e para tal finalidade destaca-se a importância do correto acondicionamento, onde vários tipos de embalagens desempenham papel fundamental na preservação de produtos.

Como forma de aumentar o tempo de vida útil de produtos vegetais, técnicas de utilização de revestimentos comestíveis têm sido cada vez mais reconhecidas como método eficaz, no combate ao escurecimento e no aumento do tempo de vida útil de frutos. Pois protegem a superfície do produto, evitando as interferências do ambiente inserido, como também ajudam nas características sensoriais, mantendo a aparência fresca do produto por mais tempo (BENÍTEZ *et al.*, 2013; PIZATO *et al.*, 2013; BESINELA JÚNIOR, 2010; MIGUEL *et al.*, 2008).

Vários benefícios podem ser observados na aplicação de revestimentos comestíveis. Dentre eles, o aumento da vida de prateleira está em primeiro lugar, seguido da redução da perda de umidade, retardamento da produção de etileno, formação de barreira ao contato com o oxigênio e impedimento da perda de compostos voláteis (AZEREDO *et al.*, 2012).

De acordo com o que foi exposto, o objetivo desse trabalho foi avaliar a vida útil pós colheita de frutos do biri-biri, cobertos por diferentes concentrações de biofilmes de amido e gelatina.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O biri-biri ou bilimbi (*Averrhoa bilimbi* L.) pertence à família das *Oxalidaceae* e é originário do Sudeste da Ásia, mais precisamente na Malásia. A planta possui porte baixo, em torno de 5 a 9 m de altura, o tronco apresenta casca lisae escura, suas folhas são perenes e

compostas imparipinadas.

O fruto é uma baga de formato elipsóide de 7 cm de comprimento em média, de coloração verde amarelada quando maduro e polpa succulenta (LORENZI *et al.*, 2006). Embora a planta seja adaptada a diversas condições climáticas, a sua produção está concentrada na região Norte, onde é bastante cultivada em pomares domésticos com finalidade ornamental (LORENZI *et al.*, 2006). Lima *et al.*, (2006) relatam que foi pela região Amazônica que houve sua introdução no Brasil, em conjunto com a carambola e outras espécies de origem asiática. Já Araújo *et al.*, (2010), dizem que foi no estado de Pernambuco, sua introdução em 1811 no Jardim da Aclimação em Olinda.

Para Henrique et al. (2008) os revestimentos são considerados filmes finos, preparados de materiais biológicos, que atuam como barreiras a elementos externos e, conseqüentemente, protegem o produto embalado de danos físicos e biológicos aumentando a vida útil pós-colheita. Do ponto de vista físico, os revestimentos não são pegajosos, são brilhantes e transparentes, melhoram o aspecto visual dos frutos e, não sendo tóxicos, podem ser ingeridos juntamente com o produto. Quando desejado, o mesmo pode ser removido com água e apresenta-se também como um produto comercial de baixo custo.

A formação de revestimentos comestíveis se baseia na dispersão ou solubilização dos biopolímeros em um solvente, que pode ser água, etanol ou ácidos orgânicos, e a adição de aditivos, plastificantes, agentes de ligação, obtendo-se uma solução ou dispersão filmogênica. Após o preparo, estas devem passar pela secagem para a formação dos biofilmes. Nesta etapa, ocorre o aumento da concentração do biopolímero na solução, devido a evaporação do solvente e, conseqüentemente a agregação das moléculas, levando a formação de uma rede tridimensional (VICENTINI, 2003).

A aplicação de revestimentos comestíveis está relacionada com sua capacidade de atuar como um adjunto para promover maior qualidade, estendendo a vida de prateleira e possibilitando a economia com materiais de embalagem final (KESTER; FENNEMA, 1986). Conforme Guilbert e Biquet (1995) e Gontard e Guilbert (1996), os revestimentos comestíveis apresentam diversas vantagens, tais como o consumo direto com o produto, materiais com baixo custo, possibilidade de embalagens individuais, melhoria das propriedades mecânicas, organolépticas e nutricionais. Podendo ser reforçadas tais propriedades mecânicas e protetoras mediante a adição de aditivos, tais como plastificantes, agentes antimicrobianos ou antioxidantes.

Como material disponível na elaboração e capacidade de revestir vegetais, se destaca o

amido. Um polissacarídeo constituído basicamente por dois polímeros de α -D-glicose: a amilose e a amilopectina, que se ligam através da condensação enzimática que ocorre predominantemente entre átomos de carbono 1 e 4 e ocasionalmente entre átomos de carbono 1 e 6 (MARCON *et al.*, 2007; MANNERS, 1989).

Na indústria alimentícia e farmacêutica o amido é utilizado para alterar algumas características, como textura, aparência, umidade, consistência e estabilidade durante o processamento e posterior armazenagem. Pode ser utilizado para ligar ou desintegrar; expandir ou tornar denso, clarear ou tornar opaco, atrair ou inibir umidade, produzir textura curta ou longa, lisa ou de polpa, coberturas leves ou crocantes. Pode ser usado para estabilizar emulsões ou formar filmes resistentes a óleo. Ainda pode ser utilizado para auxiliar o processo de obtenção de algum produto, assim como a embalagem final do mesmo (NATIONAL STARCH and CHEMICAL INDUSTRIAL Ltda, 1995).

A aplicação do amido na produção de revestimentos se baseia nas propriedades químicas, físicas e funcionais da amilose para obtenção de géis e na sua capacidade para originar filmes. As moléculas de amilose em solução, devido à sua linearidade, tendem a se orientar paralelamente, aproximando-se o suficiente para que se formem ligações de hidrogênio entre hidroxilas de polímeros adjacentes. Como resultado, a afinidade do polímero por água é reduzida, favorecendo a formação de pastas opacas e filmes resistentes (WURZBURG, 1986).

Esses revestimentos comestíveis possuem a função de barreira contra gases e vapor d'água, modificando a atmosfera interna dos frutos, diminuindo a degradação e aumentando o tempo de prateleira dos mesmos, além de atuarem como carreadores e compostos antimicrobianos, antioxidantes, entre outras (MAIA *et al.*, 2000). A gelatina é um polímero natural que consiste de uma mistura de proteínas de origem animal, solúvel em água quente, glicerol e ácido acético, embora não seja encontrada *in natura* pode ser obtida a partir de colágeno por desnaturação térmica e ação hidrolítica (INAMURA, 2008).

Composta de longas cadeias de aminoácidos unidas por ligações peptídicas, a gelatina é extraída, quase que exclusiva, do couro, pele e ossos de porco. Apresentam dois tipos: o tipo A, obtida por pré-tratamento ácido, possuindo ponto isoelétrico entre 7,0 e 9,0, e gelatina do tipo B, obtida por pré-tratamento básico, com ponto isoelétrico situado entre 4,6 e 5,2 (GENNADIOS *et al.*, 1994).

É considerada um dos ingredientes alimentares mais utilizado, onde possui aplicações muito amplas na indústria alimentícia, incluindo a melhora da elasticidade, consistência e

estabilidade dos produtos alimentares (IRWANDI *et al.*, 2009). A gelatina é também utilizada como um estabilizador, particularmente em produtos lácteos, e como um substituto de gordura que pode ser usado para reduzir o teor de energia de alimentos sem efeitos negativos sobre o sabor (TAVAKOLIPOUR, 2011).

São utilizadas na formulação de coberturas, porém a desidratação da rede tridimensional torna os revestimentos com este material quebradiço. Assim, a adição de plastificante é necessária para superar tal fragilidade e melhorar sua flexibilidade (CAO *et al.*, 2008). Os plastificantes mais utilizados são o glicerol e o sorbitol.

METODOLOGIA

O presente estudo foi realizado no laboratório de tecnologia de vegetais do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco – Campus Vitória de Santo Antão entre os meses de março e abril. O experimento objetivou a avaliação da conservação pós-colheita de frutos do biri-biri (*Averrhoa bilimbi* L.) revestidos com revestimentos comestíveis de amido e gelatina, sob diferentes concentrações (5%, 10% e 15% e, 2%, 3% e 4%), respectivamente.

Foram utilizados como matéria-prima frutos de biri-biris adquiridos na cidade de Vitória de Santo Antão em estágio de maturação verde e levados para o laboratório, logo em seguida selecionados e higienizados. Para a formulação dos revestimentos, foram utilizados amido de milho e gelatina industrial insípida. Na tabela 1 são listados os ingredientes utilizados na formulação dos biofilmes, assim como a quantidade dos mesmos.

As soluções filmogênicas foram preparadas conforme a metodologia de Fakhour *et al.* (2007). Para tanto, todos os componentes foram homogeneizados e aquecidos em banho maria a aproximadamente 75°C. Os biri-biris, antes de receberem as coberturas dos revestimentos, foram imersos durante 30 minutos em uma solução de água e hipoclorito de sódio a 0,01% (BLUM *et al.*, 2008). Após este período foram retirados da solução de hipoclorito e suspensos para a secagem completa em temperatura ambiente por duas horas.

Em seguida, a aplicação do revestimento foi realizada com os frutos inteiros, imergindo-os nas soluções filmogênicas, conforme suas concentrações, em um becker de 500 mL. Após um minuto, foram retirados e mantidos por um período de 2 horas em temperatura de aproximadamente 19 a 20°C, para total secagem. O grupo controle foi mergulhado pelo mesmo tempo em água destilada. Após a aplicação dos filmes nos frutos e aguardado o tempo de secagem, os mesmos permaneceram armazenados todo tempo do experimento na BOD,

sendo somente retirados para as análises.

Foram analisados cinquenta exemplares de frutos in natura de biri-biri, quanto às medidas físicas, comprimento e largura, utilizando um paquímetro manual. Para a análise de rendimento de polpa foram pesadas 10 amostras de biri-biri sem sementes, com o intuito de verificar a média e o desvio padrão da polpa do fruto. A análise de perda de massa fresca foi realizada de acordo com Meneguel, et al. (2008).

Com as amostras dos frutos revestidos com os biofilmes em suas devidas concentrações, separou-se cada amostra em 100g, todos em triplicata. Os frutos revestidos mais o controle, foram acondicionados sob refrigeração, onde eram pesados em balança analítica Mark 210A Classe I modelo 6K, no decorrer do experimento a cada três dias, até o décimo oitavo dia.

O cálculo para a perda de massa, foi utilizado o cálculo demonstrado na equação (1).

$$PM = (P_i - P_f) \times 100 / P_i$$

Onde: PM: porcentagem de perda de massa parcial do período; P_i: massa inicial da amostra no período zero em gramas (g); P_f: massa final da amostra nos períodos de amostragens seguintes a P_i em gramas (g).

Para a determinação dos teores de sólidos solúveis totais do biri-biri, foi utilizado um refratômetro analógico (0 – 32% Brix) – RHB32. A leitura foi feita em triplicata e realizada com uma alíquota de 0,05 mL de suco de biri-biri sobre o prisma do aparelho. Os resultados foram expressos em graus (°Brix) ZAVAREZE, et al, 2012).

A acidez total foi determinada em triplicata de acordo com as normas do Instituto Adolfo Lutz (2008), com uma amostra de 1 mL de suco de biri-biri. Sendo realizada utilizando hidróxido de sódio (NaOH) a 0,1 mol/L na titulação. Os resultados foram expressos em porcentagem (%) de ácido cítrico por 100 gramas do fruto pela neutralização da solução (NUNES, et al 2006). Para determinação da acidez titulável foi utilizado o cálculo demonstrado na equação (2).

$$\text{Acidez} = V \times M \times PM / 10 \times P \times n = \text{g de ácido orgânico por cento m/v}$$

Onde: V = volume da solução de hidróxido de sódio gasto na titulação em mL; M = Molaridade da solução de hidróxido de sódio; P = Volume pipetado em mL; PM = Peso molecular do ácido cítrico correspondente em g (constante = 192); n = número de hidrogênios

ionizáveis (constante = 3).

Para a determinação da relação de SST/ATT foram utilizados os resultados obtidos para os teores de sólidos solúveis totais (°Brix) e acidez total titulável (% de ácido cítrico) de uma mesma amostra, dividindo-se os valores entre si, conforme apresentado na equação 3.

Taxa de maturação = SST/ATT

A determinação do potencial hidrogeniônico se deu através de um medidor de pH e pH/mV PHH222, modelo RSR232. As análises eram realizadas em triplicatas de cada amostra em suas devidas concentrações, conforme as normas do Instituto Adolfo Lutz (GOMES, et al, 2002).

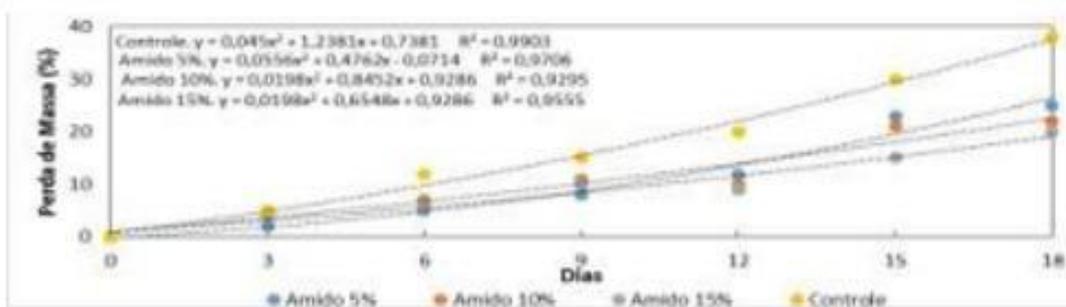
O tratamento dos dados do armazenamento foi realizado usando o delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial (2 x 3 x 7), onde os revestimentos comestíveis de amido e gelatina tiveram as concentrações de 5%, 10% e 15% e, 2%, 3% e 4%, respectivamente, armazenados em BOD na temperatura de 25°C, em sete tempos (0,3, 6, 9, 12, 15 e 18). Para comparação entre as médias foi utilizado o teste de Tukey a 5% de significância, utilizando o programa ASSISTAT versão 7.7 betas.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

A média de peso dos frutos analisados foi de $22,40 \pm 3,38$ g e a média de $7,54 \pm 0,79$ cm de comprimento e $2,64 \pm 0,30$ cm de diâmetro, valores que corroboram com os encontrados por Araújo *et al.* (2009) para os frutos de biri-biri classificados com maturação intermediária, exibindo 25,26 g de peso, 7,44 cm de comprimento e 2,86 cm de diâmetro. Os frutos também apresentaram um rendimento de Polpa médio de $87,33 \pm 0,06\%$, valores estes que foram maiores do que os apresentados por Ribeiro *et al.* (2010), que obteve um valor máximo de 70%.

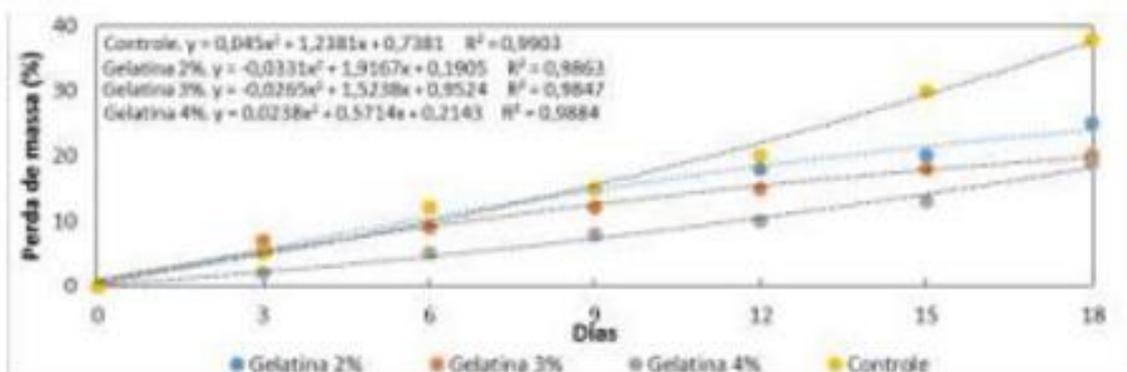
A perda de massa que ocorre durante o armazenamento de frutas é normalmente devido ao seu processo respiratório, a transferência de umidade e algum processo de oxidação (Colla, Sobral e Menegalli; 2006). Pode-se observar nas Figuras 1 e 2, e nas Tabelas 1 e 2 que a perda de massa dos frutos aumentou com o tempo de armazenamento, apresentando o mesmo perfil quadrático para todos os tratamentos.

Figura 1- Perda de massa do Biri Biri (*Averrhoa bilimbi* L.) recobertos com revestimentos de Amido



Fonte: Própria (2019).

Figura 2- Perda de massa do Biri Biri (*Averrhoa bilimbi* L.) recobertos com revestimentos de Gelatina.



Fonte: Própria (2019)

Analisando a Figura 1, é possível observar que as amostras com o filme de amido 10% e 15% apresentaram uma perda de massa significativamente menor ($P < 0,05$; Tabela 1) do que filme de Amido 5% e o controle ao fim de 18 dias. Já para as amostras de frutos recobertos com os filmes de gelatina (Figura 2), os com concentração 3 e 4% foram os que apresentaram uma perda de massa significativamente menor ($P < 0,05$; Tabela 2) do que a apresentada pela amostra controle e a amostra gelatina 2%. Sobral (1999) explica este fenômeno mostrando que quanto maior a concentração de gelatina, mais espesso será o filme, e a permeabilidade ao vapor de água é influenciada linearmente pelo aumento da espessura do filme.

Tabela 1- perda de massa do Biri Biri (*Averrhoa bilimbi* L.) recoberto com amido.

Dia	Tratamentos			
	Amido 5%	Amido 10%	Amido 15%	Controle
0	0 ^a	0 ^a	0 ^a	0 ^a
3	2 ^a	5 ^a	4 ^a	5 ^a
6	5 ^a	7 ^a	6 ^a	12 ^b
9	8 ^a	11 ^b	10 ^{ab}	15 ^c
12	12 ^a	10 ^{ab}	9 ^b	20 ^c
15	23 ^a	21 ^a	15 ^b	30 ^c
18	25 ^a	22 ^b	20 ^b	38 ^c

Fonte: própria (2019).

*Nas linhas, as médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de

probabilidade.

Tabela 2: perda de massa do Biri Biri (*Averrhoa bilimbi* L.) recoberto com amido.

Dia	Tratamentos			
	Gelatina 2%	Gelatina 3%	Gelatina 4%	Controle
0	0 ^a	0 ^a	0 ^a	0 ^a
3	5 ^a	7 ^a	2 ^b	5 ^a
6	12 ^a	9 ^b	5 ^c	12 ^a
9	15 ^a	12 ^b	9 ^a	15 ^a
12	18 ^a	15 ^b	10 ^c	20 ^a
15	20 ^a	18 ^a	13 ^b	30 ^c
18	25 ^a	20 ^b	19 ^b	38 ^c

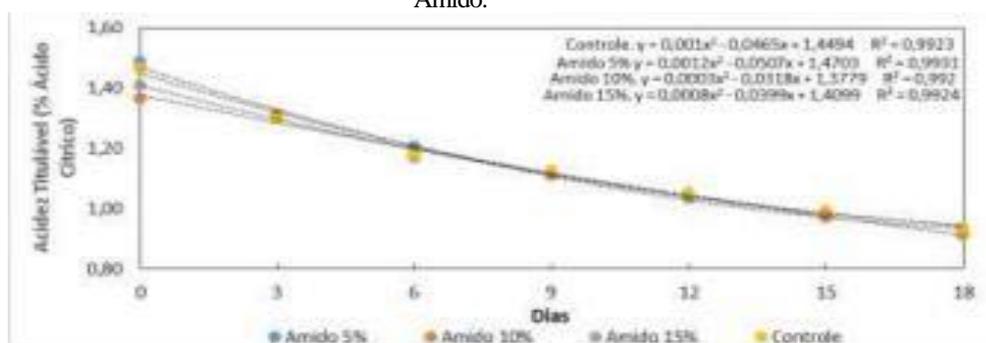
Fonte: própria (2019).

*Nas linhas, as médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Constatou-se que no Décimo Oitavo dia de armazenamento todas as amostras recobertas haviam perdido menos de 30% de sua massa. Os resultados obtidos pelo filme de amido 15% e gelatina 4% foram melhores do que os apresentados por Ribeiro, et al (2010), que utilizando a mesma variedade de frutos recobertos com fécula 3% apresentou uma perda de massa de 18% ao decorrer de 15 dias, enquanto que os filmes citados apresentaram uma perda de apenas 15% e 13% neste tempo. Bessa et al. (2015) também obteve resultados satisfatórios para perda de massa em seu estudo com goiabas recobertas com amido. A perda de massa depende do desequilíbrio entre a umidade dos frutos revestidos e a umidade do ambiente (Chitarra e Chitarra, 2005).

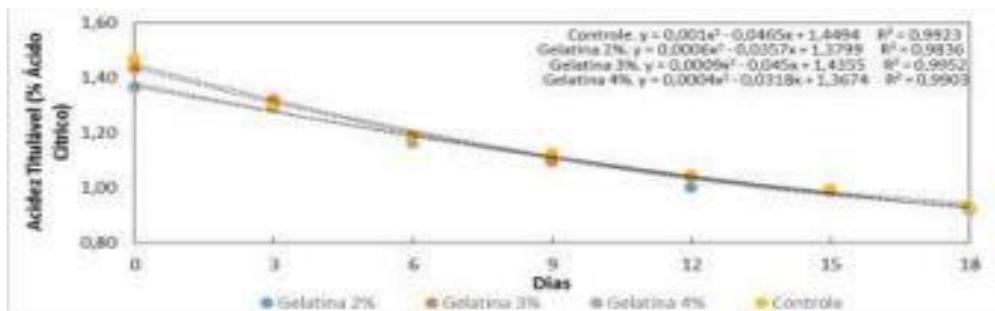
É possível observar a variação na acidez total titulável com o decorrer do tempo de armazenamento nas Figuras 3 e 4 e nas Tabela 3 e 4.

Figura 3: acidez Total Titulável, expressa em % de ácido cítrico, do Biri Biri (*Averrhoa bilimbi* L.) recoberto com Amido.



Fonte: própria (2019).

Figura 4: acidez Total Titulável, expressa em % de ácido cítrico, do Biri Biri (*Averrhoa bilimbi* L.) recoberto com Gelatina.



Fonte: própria (2019).

Nota-se que houve um decaimento do teor de acidez dos frutos com o tempo em todos os tratamentos. Todos os tratamentos responderam a um comportamento quadrático, apresentando coeficientes de correlação maiores que 0,98, assim como também foi constatado no trabalho de Ribeiro et al. (2010). Os valores de acidez total titulável encontrados corroboram com os de Lima *et al.* (2001), que obteve valores de ATT entre 0.9 e 1.5 para os frutos do bilimbeiro.

Tabela 3: acidez Total Titulável expressa em % de ácido cítrico do Biri-Biri (*Averrhoa bilimbi* L.) recoberto com Amido.

Dia	Tratamentos			
	Amido 5%	Amido 10%	Amido 15%	Controle
0	1,48 ^a	1,37 ^a	1,41 ^a	1,47 ^a
3	1,30 ^a	1,31 ^a	1,31 ^a	1,30 ^a
6	1,21 ^a	1,18 ^a	1,17 ^a	1,19 ^a
9	1,11 ^a	1,12 ^a	1,13 ^a	1,13 ^a
12	1,35 ^a	1,05 ^a	1,05 ^a	1,05 ^a
15	0,99 ^a	0,97 ^a	0,99 ^a	1,00 ^a
18	0,92 ^a	0,91 ^a	0,94 ^a	0,93 ^a

Fonte: própria (2019).

*Nas linhas, as médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade

Tabela 4: acidez Total Titulável expressa em % de ácido cítrico do Biri-Biri (*Averrhoa bilimbi* L.) recoberto com Gelatina

Dia	Tratamentos			
	Gelatina 2%	Gelatina 3%	Gelatina 4%	Controle
0	1,36 a	1,43 a	1,37 a	1,47 a
3	1,30 a	1,32 a	1,29 a	1,30 a
6	1,19 a	1,19 a	1,16 a	1,19 a
9	1,12 a	1,09 a	1,12 a	1,13 a
12	1,00 a	1,04 a	1,05 a	1,05 ^a
15	1,00 a	0,99 a	0,99 a	1,00 a
18	0,93 a	0,92 a	0,92 a	0,93 a

Fonte: própria (2019).

*Nas linhas, as médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade

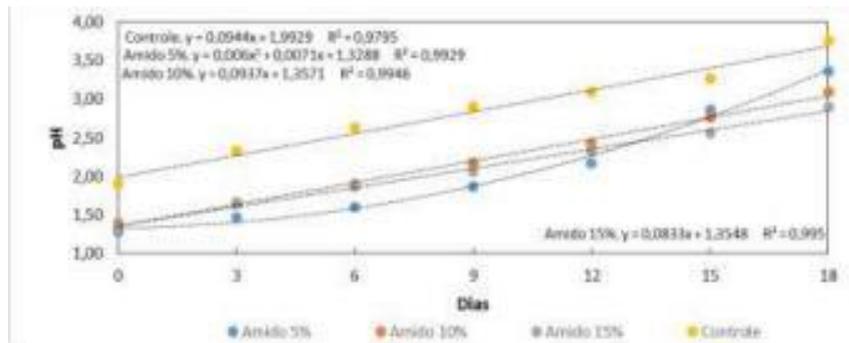
Analisando as Tabelas 3 e 4, é possível observar que não há diferença significativa entre os tratamentos, isso porquê a acidez do Biri-Biri não apresenta grandes variações de acordo com o estágio de maturação. Isso foi constatado por Araújo *et al.* (2009) que encontraram valores de acidez de 1,15%, 1,51% e 1,66% para os estágios 1, 2 e 3 de maturação, respectivamente.

Potencial Hidrogeniônico (pH)

A variação do potencial hidrogeniônico (pH) com o decorrer do tempo de armazenamento está expressa nas Figuras 5 e 6 e nas Tabela 5 e 6.

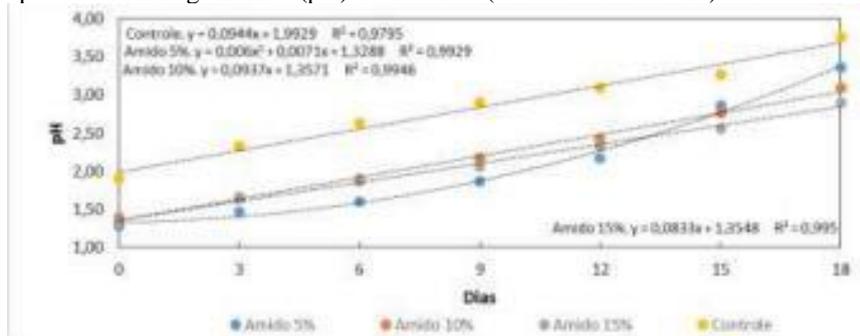
Sendo possível constatar que o pH se comporta de forma inversa à Acidez, aumentando com o passar do tempo. Os filmes de Gelatina, juntamente com o de Amido 5% corroboram com descrito no trabalho de Ribeiro *et al.* (2010), que a evolução do pH apresenta um perfil quadrático, com coeficientes de correlação maiores que 0,98. Já os filmes de Amido 10% e 15%, juntamente com a amostra controle, apresentam um comportamento linear para a evolução do pH. O tratamento que apresentou o maior coeficiente de correlação foi o Gelatina 3% (0,998), expresso na figura 6.

Figura 5: potencial Hidrogeniônico (pH) do Biri Biri (*Averrhoa bilimbi* L.) recoberto com Amido.



Fonte: própria (2019).

Figura 6: potencial Hidrogeniônico (pH) do Biri Biri (*Averrhoa bilimbi* L.) recoberto com Gelatina



Fonte: própria (2019).

Tabela 5: potencial Hidrogeniônico (pH) do Biri Biri (*Averrhoa bilimbi* L.) recoberto com Amido

Dia	Tratamentos			
	Amido 5%	Amido 10%	Amido 15%	Controle
0	1,29 ^a	1,40 ^{ab}	1,33 ^a	1,90 ^b
3	1,47 ^a	1,67 ^a	1,63 ^a	2,33 ^b
6	1,60 ^a	1,87 ^a	1,90 ^a	2,63 ^b
9	1,87 ^a	2,17 ^b	2,07 ^{ab}	2,90 ^c
12	2,17 ^a	2,43 ^a	2,33 ^a	3,10 ^b
15	2,87 ^{ab}	2,77 ^a	2,57 ^a	3,27 ^b
18	3,37 ^{ac}	3,10 ^{bc}	2,90 ^b	3,77 ^c

Fonte: própria (2019)

*Nas linhas, as médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade

Tabela 6: potencial Hidrogeniônico (pH) do Biri Biri (*Averrhoa bilimbi* L.) recoberto com Gelatina.

Dia	Tratamentos			
	Gelatina 2%	Gelatina 3%	Gelatina 4%	Controle
0	1,50 ^a	1,33 ^a	1,27 ^a	1,90 ^a
3	1,73 ^{ab}	1,50 ^a	1,50 ^a	2,33 ^b
6	1,93 ^a	1,73 ^a	1,73 ^a	2,63 ^b
9	2,07 ^a	1,97 ^a	1,93 ^a	2,90 ^b
12	2,23 ^a	2,27 ^a	2,13 ^a	3,10 ^b
15	2,63 ^a	2,63 ^a	2,40 ^a	3,27 ^b
18	3,10 ^{ab}	2,90 ^a	2,87 ^a	3,77 ^b

Fonte: própria (2019).

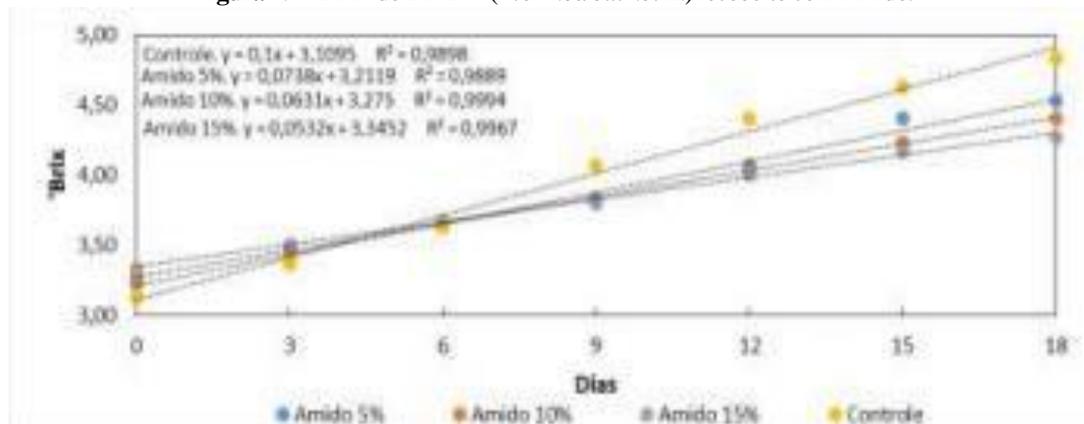
*Nas linhas, as médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade

Os valores de pH obtidos encontravam-se entre 1 e 2 no início do experimento, chegando a valores na faixa de 2,8 e 3,8 ao fim do décimo oitavo dia de armazenamento. Araújo *et al.* (2009) encontrou um pH de 2,49 para Biri-Biri em grau 3 de amadurecimento, e Bezerra Neto e Barreto (2004) afirmam ainda que o pH do Biri- Biri se encontra muito próximo dos valores obtidos em limão (1,86), acerola (2,95) e maracujá (2,69). Desta forma, apenas as amostras de Amido 15% e Gelatina 3% e 4% apresentaram um valor de pH dentro da faixa especificada ao fim dos 18 dias de armazenamento, diferindo significativamente ($P < 0,05$; Tabelas 5 e 6) dos demais tratamentos, que apresentaram um pH maior do que o estipulado.

Sólidos Solúveis Totais (SST em °Brix)

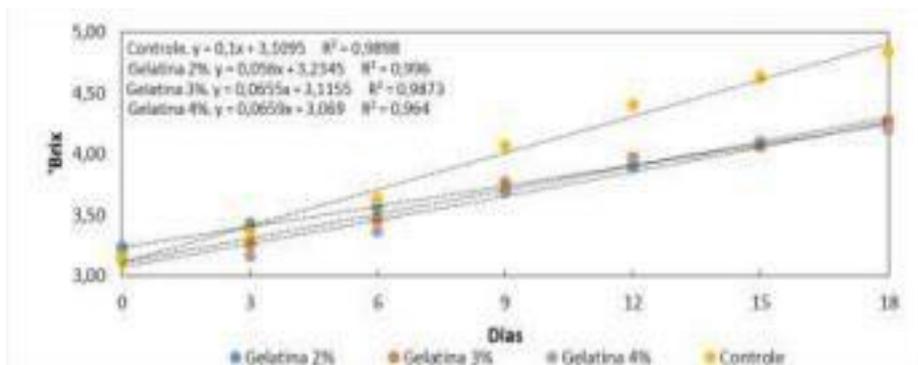
É possível observar a variação do teor de Sólidos Solúveis Totais com o decorrer do tempo de armazenamento nas Figuras 7 e 8 e nas Tabelas 7 e 8. De forma diferente da acidez total Titulável e do pH, a evolução do teor de Sólidos Solúveis Totais apresenta um perfil linear, e não quadrático como apresentado no trabalho de Ribeiro *et al.* (2010).

Figura 7: ° Brix do Biri Biri (*Averrhoa bilimbi* L.) recoberto com Amido.



Fonte: própria (2019).

Figura 8: ° Brix do Biri Biri (*Averrhoa bilimbi* L.) recoberto com Gelatina.



Fonte: própria (2019).

Observa-se que no início do experimento os frutos apresentavam valores de sólidos solúveis totais entre 3,13 e 3,33°Brix, que corrobora com o encontrado por Lima et al.(2001), que encontrou valores de 3,94°Brix para frutos verdes. O teor de sólidos solúveis totais apresenta um crescimento acima da média da literatura, alcançando valores acima de 4,2 °Brix ao fim do décimo oitavo dia de armazenamento, para todas as amostras analisadas, onde Araújo *et al.* (2009) estipula 3,23°Brix para frutos no terceiro estágio de maturação. Contudo, apenas o revestimento de Amido 5% apresentou valores significativamente semelhantes aos da amostra controle, como é observado na Tabela 7.

Tabela 7: sólidos solúveis totais (*Brix) do Biri Biri (*Averrhoa bilimbi* L.) recobertos com Amido

Dia	Tratamentos			
	Amido 5%	Amido 10%	Amido 15%	Controle
0	3,23 ^a	3,27 ^a	3,33 ^a	3,13 ^a
3	3,47 ^a	3,47 ^a	3,50 ^a	3,37 ^a
6	3,63 ^a	3,67 ^a	3,67 ^a	3,63 ^a
9	3,80 ^a	3,83 ^a	3,83 ^a	4,06 ^a
12	4,06 ^{ab}	4,03 ^{ab}	4,0 ^a	4,4 ^b
15	4,40 ^{ab}	4,23 ^a	4,17 ^a	4,63 ^b
18	4,53 ^{ab}	4,40 ^a	4,26 ^a	4,83 ^b

Fonte: própria (2019).

Tabela 8: Sólidos Solúveis Totais (*Brix) do Biri Biri (*Averrhoa bilimbi* L.) recobertos com Gelatina

Dia	Tratamentos			
	Gelatina 2%	Gelatina 3%	Gelatina 4%	Controle
0	3,23 ^a	3,13 ^a	3,17 ^a	3,13 ^a
3	3,43 ^a	3,27 ^a	3,17 ^a	3,37 ^a
6	3,57 ^a	3,47 ^a	3,37 ^a	3,63 ^a
9	3,70 ^a	3,77 ^a	3,70 ^a	4,06 ^a
12	3,90 ^a	3,97 ^a	3,93 ^a	4,4 ^b
15	4,06 ^a	4,06 ^a	4,10 ^a	4,63 ^b
18	4,26 ^a	4,26 ^a	4,20 ^a	4,83 ^b

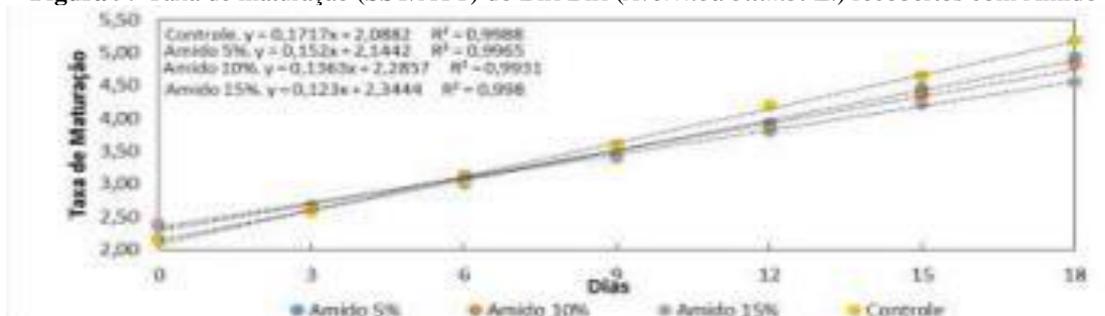
Fonte: própria (2019).

Quanto ao perfil do experimento, observa-se que neste trabalho o teor de Sólidos Solúveis aumenta ao decorrer do tempo, assim como constatado também por Lima *et al.* (2001) e Araújo *et al.* (2009). Porém outros autores, como Ribeiro *et al.* (2010) e Souza *et al.* (2011), constataram um perfil decrescente para esse parâmetro com o decorrer do tempo.

Taxa de Maturação (SST/ATT)

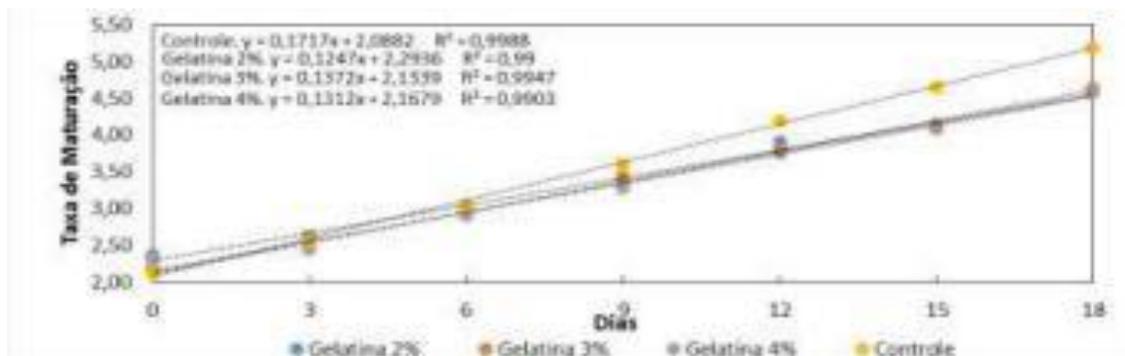
A taxa de maturação é determinada através do ratio que é a razão dos sólidos solúveis totais pela acidez total Titulável, e determina o grau de senescência do fruto analisado (Chitarra, Chitarra, 2005). Nas Figuras 9 e 10 e nas Tabelas 9 e 10 estão expressos os valores de taxa de maturação para os frutos do bilimbeiro ao decorrer do tempo de armazenamento.

Figura 9: Taxa de maturação (SST/ATT) do Biri Biri (*Averrhoa bilimbi* L.) recobertos com Amido



Fonte: Própria (2019)

Figura 10: Taxa de maturação (SST/ATT) do Biri Biri (*Averrhoa bilimbi* L.) recobertos com Gelatina



Fonte: Própria (2019)

É possível observar que, para todas as amostras, a Taxa de Maturação cresce de forma linear com o tempo de armazenamento, uma vez que os valores de Sólidos Solúveis totais crescem com o tempo, e o valor de Acidez total Titulável decresce.

Os valores de taxa de maturação neste experimento está muito acima do encontrado por Souza et al. (2011), que encontrou valores de 0,89 para frutas verdes e 1,07 para biri-biri's maduros. Kluge (2006) afirma que deve se ter bastante cautela ao analisar este parâmetro, uma vez que algumas frutas, apresentam, falsamente, elevadas relações SS/AT, o que pode conduzir a interpretações erradas a respeito da qualidade comestível. Este problema pode estar atrelado neste caso, uma vez que os valores elevados de Sólidos, e o teor de acidez praticamente estável podem ter ocasionado em valores de Taxa de maturação que não condizem com a realidade esperada.

Tabela 9: Taxa de maturação (SST/ATT) do Biri Biri (*Averrhoa bilimbi* L.) recobertos com Amido

Dia	Tratamentos			
	Amido 5%	Amido 10%	Amido 15%	Controle
0	2,17 ^a	2,39 ^a	2,36 ^a	2,14 ^a
3	2,67 ^a	2,64 ^a	2,68 ^a	2,59 ^a
6	3,01 ^a	3,11 ^a	3,14 ^a	3,06 ^a
9	3,42 ^a	3,43 ^a	3,41 ^a	3,61 ^a
12	3,93 ^{ab}	3,85 ^{ab}	3,80 ^a	4,20 ^b
15	4,46 ^{ab}	4,36 ^{ab}	4,21 ^a	4,66 ^b
18	4,93 ^{ab}	4,82 ^{ab}	4,56 ^b	5,19 ^c

Fonte: Própria (2019)

*Nas linhas, as médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade

Figura 10: Taxa de maturação (SST/ATT) do Biri Biri (*Averrhoa bilimbi* L.) recobertos com Gelatina

Dia	Tratamentos			
	Gelatina 2%	Gelatina 3%	Gelatina 4%	Controle
0	2,37 ^a	2,18 ^a	2,32 ^a	2,14 ^a
3	2,63 ^a	2,46 ^a	2,45 ^a	2,59 ^a
6	3,01 ^a	2,92 ^a	2,90 ^a	3,06 ^a
9	3,32 ^a	3,44 ^a	3,29 ^a	3,61 ^a
12	3,90 ^{ab}	3,82 ^a	3,75 ^a	4,20 ^b
15	4,09 ^a	4,10 ^a	4,15 ^a	4,66 ^a
18	4,60 ^a	4,64 ^a	4,58 ^a	5,19 ^b

Fonte: Própria (2019)

*Nas linhas, as médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade

Observando as Tabelas 9 e 10, constata-se os filmes de Amido 10% e 15% e todos os de Gelatina apresentaram um desempenho significativamente melhor do que a amostra controle para o parâmetro de Taxa de Maturação.

CONCLUSÃO

Os perfis dos parâmetros estudados neste trabalho apresentaram concordância com os encontrados na literatura, onde se pode observar um aumento da perda de massa com o decorrer do tempo, diminuição da acidez titulável, aumento do pH, elevação dos sólidos solúveis e consequentemente a taxa de maturação.

Quanto à eficiência dos revestimentos utilizados, pode-se destacar que os revestimentos de Amido 10% e 15% e os de Gelatina 3% e 4% diminuíram significativamente a perda de massa devida sua capacidade de impedir a passagem do vapor de água, em relação aos demais, menos concentrados. Também pode-se observar que para os sólidos solúveis e a taxa de maturação apenas o revestimento de Amido 5% apresentou-se significativamente semelhante à amostra controle, enquanto que para a acidez titulável nenhum dos tratamentos diferiu significativamente da amostra controle. E para o potencial hidrogeniônico, os revestimentos de Amido 10% e 15% e Gelatina 3% e 4% foram os que se apresentaram significativamente melhores que o controle. Logo, o presente estudo leva-nos a recomendar o uso do revestimento de Amido 10% e o de Gelatina 3% para a conservação do biribiri (*Averrhoa bilimbi* L.).

Para trabalhos futuros recomenda-se a realização de um planejamento fatorial sob os revestimentos de amido 10% e de gelatina 3% a fim de estipular o melhor valor estatístico para a concentração destes revestimentos.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, P. S. R. **Seleção da caramboleira (*Averrhoa carambola* L.) relacionada às características biométricas e físico-químicas dos frutos**. Tese (doutorado), Esalq, USP, Piracicaba, 2000, 59 p.

ARAÚJO, E. R.; ALVES, L. I. F.; RÊGO, E. R. do; RÊGO, M. M. do; CASTRO, J. P. de; SAPUCAY, M.J. L. dá C. Caracterização Físico-químico de Frutos de Biri-biri (*Averrhoa bilimbi* L.). **Biotemas**, vol. 22, nº. 4, p. 225 – 230, dez 2009.

BENÍTEZ, S.; ACHAERANDIO, I.; SEPULCRE, F.; PUJOLÀ. Aloe vera based edible coatings improve the quality of minimally processed „Hayward kiwifruit“. **Postharvest Biology and Technology**. V.81, p.29–36, 2013

BESINELA JÚNIOR, E; MONARIM, M. M. S.; CAMARGO, M.; MAHL, C. R. A.; SIMÕES, M. R.; SILVA, C. F. Efeito de diferentes biopolímeros no revestimento de mamão (*Carica Papaya* L) minimamente processado. **Varia Scientia Agrárias**, v. 1, n. 1, p. 131-142, 2010.

CAO, N.; YANG, X.; FU, Y. Effects of various plasticizers on mechanical and water vapor barrier properties of gelatin films. **Food Hydrocolloids**, vol. 23, nº. 3, p. 729 – 735, 2008.

CHITARRA M.I.F. & CHITARRA A.B. Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio. **2ª ed. Lavras, UFLA. 785p. 2005.**

COLLA, E., SOBRAL, P. J. A., and MENEGALLI, F. C. Effect of composite edible coating from *Amaranthus cruentus* flour and stearic acid on refrigerated strawberry (*Fragaria ananassa*) quality. **Latin American Applied Research**, 36, 249-254. 2006.

GENNADIOS, A.; MCHUGH, T. H.; WELLER, C.L.; KROCHTA, J. M. Edible coating and films based on proteins, in: *Edible Coatings and to improve Food Quality*, KROCHTA J. M., BALDWIN E. A. & Nisperos-Carriedo M.O. **Technomic Publishing Company**, Ch 9, p. 201-277, 1994.

GOMES, P.M de A., FIGUEIREDO, R.M.F., QUEIROZ, A.J. de M. Caracterização de isotermas de adsorção de umidade da polpa de acerola em pó. **Revista Brasileira de Produtos agroindustriais**, Campina Grande, v.4, n.2, p. 157-165, 2002.

GUILBERT, S.; GONTARD, N. Technology and applications of edible protective films. In: **VII BIOTECHNOLOGY AND FOOD RESEARCH**. New shelf-life technologies a safety assessment, Helsink, Finland, p. 49-60, 1995.

HENRIQUE, C. M.; CEREDA, M. P.; SARMENTO, S. B. S. Características físicas de filmes biodegradáveis produzidos de amidos modificados de mandioca. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*. **Campinas**, vol. 28, nº. 1, p. 231 – 240. 2008.

INAMURA, P. Y. **Efeito da radiação gama sobre a viscosidade de soluções de gelatina e pectina utilizadas na indústria de alimentos**. Dissertação (Mestrado em Ciências) –

Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, autarquia associada à Universidade de São Paulo, São Paulo – SP, 2008, 78 p.

IRWANDI, J.; FARIDAYANTI, S.; MOHAMED, E.S. M.; HAMZAH, M. S.; TORLA, H. H.; CHE MAN, Y. B. Extraction and characterization of gelatin from different marine fish species in Malaysia. **International Food Research Journal.**, vol.16, p. 387 – 389, 2009. 29.

KESTER, J. J.; FENNEMA, O. R. Edible films and coatings: a review. **Food Technol.**, vol. 40, n°. 4, p. 47 – 59, 1986.

LIMA, V. L. A. G.; MELO, E. A.; LIMA, L. S. Physicochemical characteristics of bilimbi (*Averrhoa bilimbi* L.). **Revista Brasileira de Fruticultura**, vol.23, n°. 2, p. 421 - 423, 2001.

LORENZI, H.; BACHER, R.; LACERDA, M.; SARTORI, S. Frutas Brasileiras e Exóticas Cultivadas de Consumo *in natura*. **Instituto Plantarum de Estudos da Flora**, São Paulo, 640 p., 2006.

MAIA, L. H.; PORTE, A.; SOUZA, V. F. Filmes Comestíveis: aspectos gerais, propriedades de barreira a umidade e oxigênio. **Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos**, vol. 18, n°. 1, p. 105 – 108, 2000.

MANNERS, D.J. Recent developments in our understanding of amylopectin structure. **Carbohydrate Polymers, Essex**, vol.11, p. 87 – 112, 1989.

MARCON, M. J. A.; AVANCINI, S. R. P.; AMANTE, E. R. Propriedades Químicas e Tecnológicas do Amido de Mandioca e do Polvilho Azedo. **Florianópolis: UFSC**, 101p, 2007.

MIGUEL, A. C. A.; BEIGIATO, G.F.; DIAS, J. R. P. S.; ALBERTINI, S.; SPOTO, M. H. F. Efeito de tratamentos químicos na respiração e parâmetros físicos de melão „Amarelo “minimamente processado. **Horticultura Brasileira**, v.26, n.4, p.458-463, 2008.

NATIONAL STARCH and CHEMICAL INDUSTRIAL Ltda – Divisão de Amidos Alimentícios. Tecnologia de amido alimentício. 13p, 1995. **Polymer Bulletin**, vol. 57, p. 27 – 42, 2007.

NUNES, M. C. N. BRECHT J. K., MORAIS A. M.M. B e SARGENT, SA. Physicochemical changes during strawberry development in the Field compared with those that occur in harvested fruit during storage. **Journal of Science Food Agriculture**, v.86, p. 180- 190, 2006.

PASCHOALIN, R. P.; JESUS, L. A. S.; PASCHOALIN, N. P.; CARVALHO, T. C.; SILVA, C. A. B.; NETO, M. M.; Lesão renal aguda como complicação da ingestão excessiva de suco do fruto biri-biri (*Averrhoa bilimbi*). **J. Bras. Nefrol.** Vol.36 n°.4 São Paulo Oct./Dec. 2014.

PIZATO, S.; CORTEZ-VEJA, W. R.; PRENTICE- HERNÁNDEZ, C.; BORGES, C. D. Efeito da aplicação de diferentes revestimentos comestíveis na conservação de maçãs „Royal Gala “minimamente processadas. **Semana: Ciências Agrárias, Londrina**, v.34, n.1, p.253-264, 2013.

RIBEIRO, W. S.; LUCENA, H. H.; ALMEIDA, E. I. B.; BARBOSA, J. A.; PEREIRA, W. E. Fisiologia pós-colheita de limão bilimbi (*Averrhoa bilimbi* L.), armazenado sob atmosfera modificada em condições ambientais. **Agropecuária Técnica** –v. 31, n. 2, p 17-21, 2010.

SOBRAL, P. L. J. Propriedades funcionais de biofilmes de gelatina em função da espessura. **Ciência & Engenharia**, v. 8, n. 1, p. 60-67, 1999.

SOUZA, P. A.; SENHOR, R. F.; COSTA, F. B. Da; FREITAS, R. V. da; SILVA, M. S. Caracterização físico-química de frutos de bilimbi (*Averrhoa bilimbi* L.) produzidos no estado do RN. **Revista Verde**, vol. 6, nº 1, p. 270 – 273, jan/mar 2011.

TAVAKOLIPOUR, Hamid. Extraction and evaluation of gelatin from silver carp waste. *World Journal of Fish and Marine Sciences.*, **Sabzevar**, v. 3, n. 1, p. 10-15, 2011.

VICENTINI, N. M. **Elaboração e caracterização de filmes comestíveis à base de fécula de mandioca para uso em pós-colheita**. 2003. 62 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrônômicas da UNESP, São Paulo, 2003.

WURZBURG, O. B. *Modified Starches: properties and uses*. **Boca Raton**: CRC Press, p. 277, 1986.

ZAVAREZE, E. R. et al. Filmes biodegradáveis à base de proteínas miofibrilares de peixe. *Brazilian Journal of Food Technology*, **Campinas**.

Submetido em: 10/05/2021

Aceito em: 05/08/2021

Publicado em: 01/10/2022

Avaliado pelo sistema *double blind review*.