

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JULIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CAMPUS DE JABOTICABAL**

**ÁCIDO CÍTRICO E QUITOSANA NA CONSERVAÇÃO PÓS-
COLHEITA DE LICHIAS ‘BENGAL’**

João Emmanuel Ribeiro Guimarães

Biólogo e Engenheiro Agrônomo

JABOTICABAL – SÃO PAULO - BRASIL

Julho de 2012

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JULIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CAMPUS DE JABOTICABAL**

**ÁCIDO CÍTRICO E QUITOSANA NA CONSERVAÇÃO PÓS-
COLHEITA DE LICHIAS ‘BENGAL’**

João Emmanuel Ribeiro Guimarães

Orientador: Prof. Dr. Ben-Hur Mattiuz

Dissertação apresentada a Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp, Campus de Jaboticabal, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Agronomia (Produção Vegetal).

JABOTICABAL – SÃO PAULO - BRASIL

Julho de 2012

Guimarães, João Emmanuel Ribeiro
G963a Ácido cítrico e quitosana na conservação pós-colheita de lichias
 'bangal' / João Emmanuel Ribeiro Guimarães. -- Jaboticabal, 2012
 x, 57 f. : il. ; 28 cm

 Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista,
 Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2012
 Orientador: Ben-Hur Mattiuz
 Banca examinadora: Maria Luzenira de Souza, Teresinha de Jesus
 Deleo Rodrigues
 Bibliografia

 1. Escurecimento. 2. *Litchi chinensis* Sonn. 3. Qualidade. I. Título.
 II. Jaboticabal-Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias.

 CDU 634.652.2

Ficha catalográfica elaborada pela Seção Técnica de Aquisição e Tratamento da Informação –
Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação - UNESP, Câmpus de Jaboticabal.
e-mail: arnold@cnpso.embrapa.br



CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: ÁCIDO CÍTRICO E QUITOSANA NA CONSERVAÇÃO PÓS-COLHEITA DE LICHIAS 'BENGAL'

AUTOR: JOÃO EMMANUEL RIBEIRO GUIMARÃES

ORIENTADOR: Prof. Dr. BEN-HUR MATTIUZ

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de MESTRE EM AGRONOMIA (PRODUÇÃO VEGETAL), pela Comissão Examinadora:

Prof. Dr. BEN-HUR MATTIUZ

Departamento de Tecnologia / Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal

Profa. Dra. TERESINHA DE JESUS DELEO RODRIGUES

Departamento de Biologia Aplicada À Agropecuária / Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal

Profa. Dra. MARIA LUZENIRA DE SOUZA

Departamento de Ciências Agrárias / Universidade Federal do Acre / Rio Branco/AC

Data da realização: 27 de julho de 2012.

JOÃO EMMANUEL RIBEIRO GUIMARÃES

Nascido em Ituverava, SP, no dia vinte dois de junho de 1985, Filho de Cleiton Tadeu Guimarães e Maria Auxiliadora Ribeiro Cavalari Guimarães. Iniciou o curso de Ciências Biológicas em 2003 na Faculdade de Filosofia Ciências e Letras de Ituverava, que foi concluído em Dezembro de 2006. Iniciou sua segunda graduação de engenharia agrônômica em 2007 na Faculdade Dr. Francisco Maeda, que foi concluída em Dezembro de 2010. Foi bolsista de iniciação científica da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), onde desenvolveu o trabalho intitulado “Conservação Pós-colheita de caju anão CCP76 através do uso de ceras associadas a embalagem”. Ainda obteve bolsas do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) sendo três vezes na modalidade EXP 3 e uma na DTI I. Em agosto de 2010 iniciou o curso de pós-graduação em Agronomia, a nível de mestrado, na área de concentração em Produção Vegetal, pela Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho”, Campus de Jaboticabal (FCAV/UNESP), dando continuidade a sua formação em pós-colheita de frutas e hortaliças.

Aos meus pais, **Tadeu e Dorinha**, pela educação, amor, compreensão, colaboração, apoio e principalmente dedicação por esses anos todos.

Aos meus professores pela paciência dedicação com que me ensinaram ao longo de todos estes anos, em especial a Dra. **Maria Amália Brunini**, Dr. **Márcio Pereira** e Msc. **Regina Eli**

Aos meus **amigos e familiares** que acreditaram em mim e me incentivaram para realização deste trabalho.

DEDICO.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, que iluminou meu caminho e me deu forças para chegar até o fim.

A Universidade Estadual Paulista (UNESP-FCAV) e ao Departamento de Tecnologia, pela oportunidade de realização do curso.

Ao CNPq pela concessão da bolsa de estudos. Ao professor Dr. Ben-Hur Mattiuz, pela orientação, confiança, ensinamentos, convívio e apoio que deu origem a essa Dissertação.

Aos meus amigos do laboratório, Cristiane, Vanessa, Joana, Isabela, Kelly, Maria Carolina, Andréia, pelo agradável convívio, auxílio nas análises de laboratório e por compartilhar experiências.

A todos meus amigos da faculdade e da cidade, pelo apoio, companheirismo durante este período.

A Dirce Renata Tostes e Willian Pereira, por todo apoio e ajuda.

A todos os professores e colegas do curso de mestrado, aos funcionários da Seção de pós-graduação e da Biblioteca, pelo auxílio e amizade.

Aos produtores que ao longo do meu mestrado sempre se colocaram a disposição para contribuir.

E a todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho e acreditaram na minha vitória.

Meu muito Obrigado.

SUMÁRIO

	PÁGINA
RESUMO	viii
ABSTRACT:.....	x
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	4
2.1. Características gerais da lichia	4
2.2. Quitosana.....	6
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	12
3.1. Material vegetal.....	12
3.2. Condução dos Experimentos.....	12
3.2.1. Quitosana de baixo peso molecular	12
3.2.2. Quitosana de médio peso molecular.....	13
3.3. Avaliações	14
3.4 Análise estatística	15
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	17
3.1 Quitosana de baixo peso molecular	17
3.2 Quitosana de médio peso molecular.....	29
4. CONCLUSÕES	40
5. REFERÊNCIAS.....	41
APÊNDICE.....	53

ÁCIDO CÍTRICO E QUITOSANA NA CONSERVAÇÃO PÓS-COLHEITA DE LICHIAS 'BENGAL'.

RESUMO: O objetivo foi avaliar a aplicação de ácido cítrico em duas concentrações, associadas ou não à quitosana de baixo e médio peso molecular, na manutenção da qualidade de lichias 'Bengal'. Foram utilizadas lichias, no estágio de maturação maduro. Após a seleção, os frutos foram imersos por um minuto nas seguintes soluções de ácido cítrico e de quitosana, sendo o experimento I quitosana de baixo peso molecular e experimento II quitosana de médio peso molecular: [1] Testemunha - sem imersão; [2] ácido cítrico a 300 g L^{-1} , [3] ácido cítrico a $300 \text{ g L}^{-1} + 0,3\%$ quitosana, [4] ácido cítrico a $300 \text{ g L}^{-1} + 0,6\%$ quitosana, [5] ácido cítrico a 600 g L^{-1} , [6] ácido cítrico a $600 \text{ g L}^{-1} + 0,3\%$ quitosana, [7] ácido cítrico a $600 \text{ g L}^{-1} + 0,6\%$ quitosana. A quitosana utilizada possui grau de desacetilização de 75,58% (Sigma – Aldrich®). Após a imersão, os frutos foram colocados em gôndolas para escorrer o excesso de solução. Em seguida, foram armazenados em câmara fria, previamente higienizada, a $5 \text{ }^\circ\text{C}$, durante 20 dias. O experimento foi conduzido seguindo um delineamento inteiramente casualizado, num esquema fatorial composto por sete soluções de recobrimento e cinco datas de amostragem. A cada cinco dias foi avaliada a perda de massa fresca dos frutos; a coloração (luminosidade, cromaticidade, ângulo Hue e aparência), os teores de sólidos solúveis, acidez titulável, ácido ascórbico, antocianinas, "ratio" e a atividade das enzimas polifenoloxidase e peroxidase da casca. Todos os tratamentos foram eficientes em manter os teores de sólidos solúveis, acidez titulável, antocianinas, ácido ascórbico, "ratio", e atividade das enzimas polifenoloxidase, peroxidase. O tratamento com 300 g L^{-1} de ácido cítrico e $0,3\%$ de quitosana, independente do peso molecular, apresentou as menores perdas de massa fresca durante os 20 dias de armazenamento a $5 \text{ }^\circ\text{C}$. Os frutos tratados com 600 g L^{-1} de ácido cítrico, foram mais eficientes na manutenção da coloração vermelha, luminosidade, cromaticidade, ângulo Hue e aparência de lichias 'Bengal' armazenadas por 20 dias a $5 \text{ }^\circ\text{C}$.

Palavras-chave: *Litchi chinensis* Sonn., qualidade, escurecimento.

CITRIC ACID AND CHITOSAN IN POSTHARVEST CONSERVATION OF LITCHIS 'BENGAL'

ABSTRACT: This study aimed to evaluate the use of citric acid applied at two concentrations, associated or not with chitosan of low and medium molecular weight, in maintaining the quality of litchi 'Bengal'. It was used litchi on mature maturation stage. After selection, the fruits were immersed for one minute in following solutions of citric acid and chitosan, and the first experiment of low molecular weight chitosan and chitosan, the second experiment of medium molecular weight: [1]Control – without immersion; [2] citric acid 300 g L⁻¹, [3] citric acid 300 g L⁻¹ + chitosan 0,3%, [4]citric acid 300 g L⁻¹ + chitosan 0,6%, [5] citric acid 600 g L⁻¹, [6] citric acid 600 g L⁻¹ + chitosan 0,3%, [7] citric acid 600 g L⁻¹ + chitosan 0,6%. Chitosan deacetylation degree of 75,58% (Sigma - Aldrich[®]) was used. After immersion, fruits were put to drain the excess of solution. Then, they were stored in cool chamber at 5 °C, previously sanitized, for 20 days. The experiment was conducted following a completely randomized design, with a factorial scheme composed by seven coating solutions and five sampling dates. Every five days we evaluated the weight loss of fruits, the color (luminosity, chroma, Hue angle and appearance), soluble solids, titratable acidity, ascorbic acid and anthocyanins content, ratio and enzyme activity of peroxidase and polyphenoloxidase skin. Treatment with 300 g L⁻¹ of citric acid and 0.3% of chitosan, independent molecular weight, showed the lowest loss of weight during the 20 days of storage at 5 °C. The fruits treated with 600 g L⁻¹ citric acid were more efficient in maintaining the red color, brightness, chroma, Hue angle and appearance of lychee 'Bengal' stored for 20 days at 5 ° C.

Keywords: *Litchi chinensis* Sonn., quality, darkening.

1. INTRODUÇÃO

A lichia foi introduzida no Brasil aproximadamente em 1810, no Jardim Botânico do Rio de Janeiro, passando a ser comercializada somente a partir de 1970 (CARVALHO & SALOMÃO, 2000). Possui um grande número de cultivares, sendo a 'Bengal', a 'Brewster' e a 'Americana' as mais presentes no território nacional, destacando a maior produção para os estados de São Paulo, sul de Minas Gerais e norte do Paraná, onde a colheita ocorre no período de final de outubro a início de fevereiro (MENZEL, 2002; MARTINS, 2005; CEAGESP, 2011).

A lichia (*Litchi chinensis* Sonn.) é uma fruta que apresenta polpa translúcida (arilo), doce e succulenta. Pertence à família Sapindaceae e é originária da região subtropical da China. Seu alto potencial comercial é devido ao seu sabor levemente acidificado, excelente aroma, elevado valor nutritivo e cor vermelha brilhante da casca (GARCÍA-PÉREZ & MARTINS, 2006; SAADERA DEL AGUILA, 2009a).

É um excelente fruto para o consumo humano, dado ao elevado teor de açúcares, minerais (potássio, magnésio e fósforo) e vitaminas (riboflavina, niacina e tiamina) além de ser considerado um fruto com elevado poder antioxidante (MOTTA, 2009). Dentre as várias utilizações da lichia, destacam-se a culinária (*in natura*, enlatada, desidratada ou processada em sucos, vinhos, compotas, sorvetes e iogurtes), os cosméticos (perfumes, cremes, xampu) bem como o uso medicinal (MENZEL & WAITE, 2005; WALL, 2006).

Este fruto apresenta grandes problemas pós-colheita, devido ao seu rápido escurecimento e perda da coloração vermelha da casca, o que limita a sua comercialização (SAADERA DEL AGUILA et al., 2009b; HOJO et al., 2011a).

O escurecimento pós-colheita, por sua vez, é resultado de um processo atribuído à degradação dos pigmentos vermelhos (antocianinas), associado à oxidação de compostos fenólicos pela atividade das enzimas polifenoloxidase (PPO) e/ou peroxidase (POD) (ZHANG et al., 2000; JIANG et al., 2004).

Outro fator que também pode acelerar a senescência é a perda de água e as micro-rachaduras que ocorrem na superfície do pericarpo, acelerando o processo de desidratação e escurecimento (UNDERHILL & CRITCHLEY, 1993; UNDERHILL & SIMONS, 1993).

Vários são os tratamentos sugeridos para reduzir o escurecimento do pericarpo de lichias, dentre os quais se destacam a imersão em soluções de ácidos (ascórbico, cítrico, dentre outros), quitosana, lecitina, ceras e compostos de enxofre e o acondicionamento em embalagens plásticas (HOJO, 2010). Os tratamentos com ácido são de grande interesse, embora ocasione “redução” nos teores de antocianinas e aumento no escurecimento da casca, torna a coloração da lichia vermelha mais intensa ao longo do tempo (ZHANG et al., 2005), isso ocorre porque a antocianina é diretamente influenciada pela substituição dos grupos hidroxila e metoxila na molécula, ou seja, incrementos no número de grupos hidroxila tendem a tornar a coloração azulada. Na direção contrária, incrementos no número de grupos metoxilas aumentam a intensidade do vermelho, que é influenciado pelo meio ácido (LÓPEZ et al., 2000).

A quitosana é uma forma desacetilada da quitina, solúvel em ácidos orgânicos, comestível e considerada segura para o uso na alimentação humana. Apresenta propriedade “filmogênica”, pois forma uma camada protetora sobre os frutos imersos em suas soluções, o que é importante para reduzir a perda de água, modificar a atmosfera e reduzir o amadurecimento dos frutos (SOUZA et al., 2011). A quitosana também possui ação antifúngica e antibacteriana, o que vêm sendo bastante estudado no sentido de aumentar a vida útil pós-colheita de frutos e hortaliças (CAMILI, 2007).

Essas propriedades vêm sendo observadas em diversas frutas, como morangos (HAN et al., 2004), longans (JIANG & LI, 2001), lichias (ZHANG & QUANTICK, 1997), araçá-vermelho (TURRA, 2007) e mangas (SOUZA et al., 2011). Apesar das inúmeras possibilidades de aplicação da quitosana, existem fatores limitantes para o uso deste polissacarídeo. Um é a sua baixa solubilidade em água, uma vez que em pH acima de 6,5 sua natureza catiônica começa a ser

prejudicada (LIM & HUDSON, 2004) e outro é sua viscosidade, que acaba por limitar a utilização de concentrações mais elevadas de quitosana (DEREUCK, 2009).

O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da aplicação de ácido cítrico, associado ou não à quitosana, na manutenção da qualidade de lichias 'Bengal'.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Características gerais da lichia

No Brasil, a lichia foi introduzida, aproximadamente, em 1810 no Jardim Botânico do Rio de Janeiro, passando a ser comercializada somente a partir da década de 70, por alguns produtores localizados no oeste do estado de São Paulo, (CARVALHO & SALOMÃO, 2000). Dentre as diversas cultivares, a 'Bengal', a 'Brewster' e a 'Americana' são as que estão mais presentes no território nacional, destacando a maior produção para os estados de São Paulo, seguido pelo sul de Minas Gerais e norte do Paraná, onde a colheita ocorre no período de final de outubro a início de fevereiro (MENZEL, 2002; MARTINS, 2005; CEAGESP, 2011). As cultivares 'Bengal' e 'Brewster', possuem uma produtividade oscilando entre 150 a 180 kg de frutos por planta, após a estabilização da produção (DO SANTOS, 2009).

A lichia pode ser considerada uma fruta exótica para os brasileiros, apesar de cultivada no país desde a década de 70, devido à limitada produção nacional, oriunda de pequenas áreas, além de apresentar pouca divulgação (MOTTA, 2009). Estima-se que o Brasil tenha uma produção de 5.000 toneladas de lichia, colhidas em, aproximadamente, 3.500 hectares, valores que colocam o País em 9º lugar no ranking mundial (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE LICHIA E LONGANA, 2011).

Dentre os países produtores, a China, a Índia, o Vietnã, o Taiwan, a Tailândia, Madagascar, Israel e a África do Sul são os principais produtores de lichia, sendo os chineses responsáveis por 80% da produção mundial (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE LICHIA E LONGANA, 2011).

É uma fruta que apresenta polpa translúcida (arilo), doce e succulenta, pertencente à família Sapindaceae, é originária da província de Guangdong na região subtropical do sul da China (GARCÍA-PÉREZ & MARTINS, 2006), Possui elevado potencial comercial, devido ao seu alto valor agregado, cuja popularidade

crescente nos últimos anos é devido ao seu sabor levemente acidificado, excelente aroma, alto valor nutritivo e coloração vermelha brilhante da casca (GARCÍA-PÉREZ & MARTINS, 2004; SAADERA DEL AGUILA, 2009a).

O fruto apresenta elevado teor de açúcares, minerais (potássio, magnésio, fósforo) e vitaminas (riboflavina, niacina, tiamina) além do seu elevado poder antioxidante (MOTTA, 2009). Vêm sendo bastante utilizado na indústria de cosméticos, bem como na gastronomia, onde é utilizado fresco, enlatado, desidratado ou processado em sucos, vinhos, compotas, sorvetes e iogurtes (MENZEL & WAITE, 2005; WALL, 2006).

A lichia tem como principal atrativo comercial sua intensa coloração vermelha, porém apresenta rápido escurecimento, sendo este um dos maiores entraves à sua comercialização. Mesmo sem causar alteração na qualidade da polpa, o escurecimento faz com que sua aparência fique comprometida, limitando sua aquisição pelo consumidor (MIZOBUTSI et al., 2010).

A perda de água associada à transpiração e à respiração da fruta é considerada a principal causa da rápida senescência do fruto, atribuída às micro-rachaduras que ocorrem na superfície do pericarpo, que aceleram o processo de desidratação e escurecimento (UNDERHILL & CRITCHLEY, 1993; UNDERHILL & SIMONS, 1993).

O escurecimento pós-colheita, por sua vez, é resultado de um processo atribuído à degradação dos pigmentos vermelhos associado com a oxidação de compostos fenólicos pela atividade das enzimas polifenoloxidase (PPO) e/ou peroxidase (POD) (ZHANG et al., 2000)

UNDERHILL & CRITCHLEY (1995) demonstraram correlação entre a atividade da POD e o escurecimento celular, fato comprovado pela elevada atividade desta enzima no pericarpo escurecido. Já JIANG (2000) verificou que a PPO tem afinidade muito baixa pelas antocianinas da casca da lichia e a descoloração destas substâncias pode ocorrer como consequência do pH vacuolar elevado, o qual resulta no aumento da taxa de escurecimento (ZHANG et al., 2005)

Sendo assim, os frutos logo depois da colheita, já começam os processos de desidratação e escurecimento, devendo, assim, serem empregadas técnicas adequadas de conservação para aumentar sua vida de prateleira.

2.2. Quitosana

Segundo JIANG et al. (2005), a quitosana é um amino polissacarídeo catiônico de elevada massa molecular, solúvel em ácidos orgânicos, muito utilizada na conservação pós-colheita, sendo considerada segura para os seres humanos. Ocorre naturalmente na natureza em pequenas quantidades nas paredes celulares e esporos de alguns fungos (*Mucor* e *Zygomycetes*), podendo também ser obtida pela hidrólise alcalina da quitina, principal componente dos exoesqueletos dos artrópodes (ROBERTS, 1992).

A quitosana tem sido bastante estudada atualmente, devido às suas diversas aplicações, das quais se pode destacar a floculação e coagulação no processamento de alimentos; a recuperação de íons de metais pesados no tratamento de efluentes; os cosméticos; as aplicações biotecnológicas, biomédicas, bem como na conservação pós-colheita de frutas e hortaliças. (KUMAR, 2000).

Dentre as variadas aplicações da quitosana, a sua propriedade de formar filmes semipermeáveis desperta o interesse dos pesquisadores e da comunidade científica, pois quando aplicada sobre frutos e hortaliças, acaba modificando a atmosfera ao redor, conseqüentemente, diminui perdas por transpiração e desidratação dos frutos, além de atrasar o amadurecimento e o escurecimento de alguns frutos (PEN & JIANG, 2003). Também possui ação antifúngica e antibacteriana, o que vem sendo bastante estudada para aumentar a vida útil pós-colheita de frutas e hortaliças (CAMILI, 2007).

Apesar das inúmeras possibilidades de utilização da quitosana, um dos principais fatores limitantes para seu uso é sua baixa solubilidade em água, uma vez que em pH acima de 6,5 sua natureza catiônica começa a ser prejudicada

(LIM & HUDSON, 2004), sendo indicada a sua solubilização em ácidos orgânicos (como o ácido acético, o fórmico, o cítrico) e inorgânicos diluídos (como o ácido clorídrico, o nítrico e o perclórico), devido à protonação dos grupos amina.

Comprovado o efeito benéfico da quitosana, a mesma se torna atualmente destaque no mercado pós-colheita, devido o aumento da preocupação com a segurança ambiental e a procura por alimentos mais seguros, uma vez que o uso de fungicidas em pós-colheita está cada vez mais limitado. Além disso, atualmente, não existe registro de defensivos para uso pós-colheita em diversos frutos. Deste modo, vários métodos alternativos de controle de doenças vêm sendo estudados. Para uso da quitosana na indústria alimentar é mais apropriado solubilizá-la em um dos ácido: acético, cítrico, málico ou ascórbico nas proporções apropriadas (OKUYAMA et al., 2000).

A quitosana pode exercer dupla função, interferindo diretamente no desenvolvimento do patógeno e ativando várias respostas de defesa no tecido vegetal, sendo uma delas a criação de uma barreira à saída de nutrientes, reduzindo sua disponibilidade e restringindo o crescimento do patógeno (BAUTISTA-BAÑOS et al., 2006; EL GHAOUTH et al., 1994).

A quitosana vem sendo utilizada na pós-colheita como revestimento em frutas. Sua maior eficiência vem sendo comprovada quando dissolvida em solução ácida na qual tende a minimizar o escurecimento do pericarpo de lichias (ZHANG, 1997; JOAS et al., 2005; CARO, 2005). Seu uso na dosagem 1 g L^{-1} em lichias, aliada ao armazenamento dos frutos sob condições de atmosfera modificada, reduziu a incidência de podridões, o escurecimento de casca e a taxa de respiração dos frutos (DEREUCK et al., 2009).

Tratamentos com quitosana reduziram as perdas de antocianina, flavonóides e compostos fenólicos totais inibindo a atividade da polifenoloxidase e da peroxidase na casca de lichias (ZHANG, 1997). A utilização de quitosana pode ser benéfica, pela redução dos custos de produção, facilidade na aplicação, devido à sua menor viscosidade, quando aplicada em baixas concentrações (REUCK, 2009).

Sendo o escurecimento do pericarpo um dos maiores problemas pós-colheita da lichia, HOJO et al. (2011a) verificaram que a aplicação de quitosana a 0,5%, dissolvida em ácido tartárico a 10%, pH 0,8, mostrou-se efetiva na manutenção da coloração vermelha e na prevenção ao escurecimento de lichias, conservando a aparência dos frutos por até 24 dias a 5 °C e 94 %UR.

SILVA et al. (2011) ao testar ácidos e filmes poliméricos na prevenção do escurecimento do pericarpo de lichias 'Bengal', acondicionados em bandejas de poliestireno, armazenados em câmara fria a $5 \pm 1,2$ °C e $90 \pm 5\%$ UR, durante 20 dias, verificaram que a fécula de mandioca e o ácido cítrico não foram eficientes em prevenir ou retardar o escurecimento do pericarpo da lichia, enquanto o filme de PVC manteve a coloração vermelha do pericarpo somente até o quarto dia de armazenamento e o HCl foi efetivo em prevenir o escurecimento do pericarpo de lichias armazenadas durante 20 dias.

JOAS et al. (2005) trabalhando com lichias 'Kwaimi', tratadas em soluções de ácido cítrico, ácido tartárico, ácido cítrico e 1% de quitosana e ácido tartárico e 1% de quitosana, em diferentes pH, armazenadas durante 2 semanas a 10 °C verificaram que a utilização de ácidos orgânicos, em associação com quitosana foi eficiente para retardar a taxa de escurecimento.

LIMA et al. (2010) estudando lichias da cv. Bengal tratadas com película de fécula de mandioca (3%), acondicionados em bandejas recobertas com filme de polietileno de baixa densidade em temperatura ambiente (25,1 °C), armazenadas por seis dias, verificaram que as embalagens recobertas com filme de polietileno perfurado apresentaram-se eficientes na redução da perda de massa, no escurecimento da casca e na manutenção do teor de antocianina da casca de lichias.

HOJO et al. (2011b) trabalhando com lichias 'Bengal', armazenadas a 20 °C e 82% UR após o tratamento hidrotérmico e/ou imersão em solução de HCl, verificaram que a combinação entre o tratamento hidrotérmico (52 °C por 1 minuto) e o resfriamento em HCl a 1% permitiu conservar a coloração das lichias

'Bengal' por até dois dias. Mesmo assim houve escurecimento em 25% da superfície.

Segundo EL GHAOUTH et al. (1991) citado por CAMILI et al. (2007), estudos demonstraram que a aplicação de quitosana (1,0 ou 1,5 %) reduziu significativamente a podridão de *B. cinerea* em morangos armazenados por 21 dias a 13 °C, não havendo diferenças significativas entre os tratamentos com quitosana e com o fungicida iprodione. Além disso, o tratamento com quitosana induziu a atividade das enzimas quitinase e b-1,3-glucanase, mantendo os frutos mais firmes com redução da taxa respiratória durante o armazenamento por 21 dias a 4 °C.

DA COSTA (2009) verificou que a firmeza, o pH, a acidez titulável, o teor de sólidos solúveis e a coloração de frutos de morangos cv. Aromas tratados com coberturas comestíveis à base de quitosana contendo cálcio e ácidos graxos armazenados durante 10 dias sob condições de 0 °C e 75% UR, não apresentaram variação significativa ao final do armazenamento, não sendo verificada diferença entre os tratamentos quando comparados ao controle.

Ainda em morangos, a pulverização nas plantas com 6 g L⁻¹ de quitosana, protegeu os frutos do mofo cinzento na pós-colheita e atrasou a senescência, mantendo a qualidade dos frutos a um nível aceitável durante quatro semanas de armazenamento a 3 °C. Além disso, os tratamentos com quitosana mantiveram os morangos mais firmes. Os autores sugerem que o controle da doença pode ser atribuído à propriedade fungistática da quitosana e sua habilidade em induzir enzimas de defesa e fitoalexinas nas plantas, ou ainda, a combinação desses fatores, REDDY et al. (2000).

DA COSTA (2009), avaliando o efeito de coberturas comestíveis à base de quitosana, combinada ou não com cálcio e ácido ascórbico, na manutenção da qualidade pós-colheita de morangos durante o armazenamento refrigerado (0 °C) e a temperatura ambiente (25 °C) durante sete dias, verificou que a aplicação pós-colheita de coberturas à base de quitosana em morangos preservou sua qualidade durante o armazenamento. A incorporação de ácido ascórbico ou cloreto de cálcio

na cobertura possibilitou ganho adicional no controle do desenvolvimento fúngico, obtendo-se maior aceitação para as coberturas contendo ácido ascórbico. O uso dessa cobertura permitiu estender a vida útil de morangos armazenados sob refrigeração e à temperatura ambiente, por até doze e três dias, respectivamente.

SANTOS et al. (2008) ao trabalharem com pêssegos 'Douradão' observaram que a quitosana não foi eficiente para conter a perda de massa, porém reduziu a incidência de podridões, quando comparado aos frutos embalados. No entanto, em todos os tratamentos foi constatada a ocorrência de danos fisiológicos causado pelo frio (lanosidade), após 21 dias a 3 °C.

A quitosana demonstrou ser uma alternativa viável, reduzindo em até cinco vezes a contaminação de bolores e leveduras e em 60% a contaminação de mesófilos, prolongando a vida de prateleira de mamões armazenados em temperatura ambiente em 6 dias (DOTTO et al., 2008), quando aplicada na concentração de 5 g L⁻¹.

VIEIRA et al. (2009) trabalhando com mamão papaia (*Carica papaya L.*), associado a filmes de quitosana de diferentes massas moleculares (média 150 kDa e 300 kDa) e armazenados em temperatura ambiente durante 15 dias, verificaram que a quitosana de alta massa molecular (300 kDa) não se mostrou adequada para o recobrimento de mamão papaia.

CERQUEIRA (2007), estudando a utilização de filmes comestíveis, em goiabas 'Kumagai', armazenadas a 22 °C durante oito dias, verificou que todos os recobrimentos testados a base de quitosana proporcionaram brilho e aderiram bem às frutas, melhorando a aparência em relação ao controle, com exceção da associação quitosana+carnaúba, que apresentaram intensa descamação. A quitosana quando aplicada isoladamente não conferiu proteção satisfatória contra os patógenos, não sendo verificadas as propriedades elicitoras deste material para goiabas.

Com o objetivo de avaliar a influência de cobertura com quitosana a 0%; 1,0%; 1,5% e 2,0% na conservação pós-colheita de mangas 'Tommy Atkins', colhidas "de vez" e armazenadas a 23 °C (65% UR), por nove dias, SOUZA et al.

(2011) verificaram que a concentração de 1,5% foi a que apresentou melhor manutenção da coloração da polpa, dos teores de sólidos solúveis, de acidez titulável, de ácido ascórbico, dos valores de SS/AT e da firmeza.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Material vegetal

Foram utilizadas lichias da variedade Bengal, adquiridas de pomar localizado no município de Taquaritinga-SP. Os frutos foram colhidos pela manhã e selecionados quanto à uniformidade do estágio de maturação, considerando-se madura, com casca avermelhada, conforme padronização estabelecida para comercialização no mercado interno (SALOMÃO et al., 2006).

Os frutos foram acondicionados cuidadosamente em caixas plásticas revestidas com plástico-bolha e transportados, por 25 km, até o Laboratório de Tecnologia dos Produtos Agrícolas da FCAV/UNESP, Jaboticabal-SP.

No laboratório as lichias foram novamente selecionados quanto ao tamanho, coloração (luminosidade: 36 a 40; cromaticidade: 45 a 51; ângulo Hue: 27° a 30°) e ausência de injúrias, visando maior uniformidade do lote. Após a seleção, os frutos foram higienizados, imergindo-os por 5 minutos em solução de dicloro s. triazinatriona sódica dihidratada (Sumaveg[®]) na concentração de 0,66%, que corresponde a 200 mg 100g⁻¹ de cloro livre, e colocados para escorrer o excesso de água, sob condição de ambiente.

3.2. Condução dos Experimentos

3.2.1. Quitosana de baixo peso molecular

As lichias foram imersas, por 1 minuto, nas seguintes soluções de ácido cítrico e quitosana: [1] Testemunha - sem imersão; [2] ácido cítrico a 300 g L⁻¹, [3] ácido cítrico 300 g L⁻¹ + 0,3% quitosana, [4] ácido cítrico 300 g L⁻¹ + 0,6% quitosana, [5] ácido cítrico a 600 g L⁻¹, [6] ácido cítrico 600 g L⁻¹ + 0,3% quitosana, [7] ácido cítrico 600 g L⁻¹ + 0,6% quitosana.

Foi empregada quitosana com baixo peso molecular (20-300 cP) e grau de desacetilização de 75,58% (Sigma-Aldrich[®], código 448869).

Após a imersão, os frutos foram colocados em prateleiras vazadas para escorrer o excesso de solução e secar a solução. Em seguida, foram armazenados em câmara fria, previamente sanitizadas, a 5 °C, durante 20 dias.

Estes frutos foram analisados a cada cinco dias, quanto aos teores de ácido ascórbico, sólidos solúveis, acidez titulável e antocianinas, além da atividade das enzimas polifenoloxidase e peroxidase e a coloração da casca. A análise da perda massa fresca e da aparência foi avaliada sempre em um mesmo lote com 12 frutos.

O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial 7x5: sete soluções de recobrimento e cinco datas de amostragem, com duas repetições de 12 frutos cada.

3.2.2. Quitosana de médio peso molecular

As lichias foram imersas, por 1 minuto, nas seguintes soluções de ácido cítrico e quitosana: [1] Testemunha - sem imersão; [2] ácido cítrico a 300 g L⁻¹, [3] ácido cítrico 300 g L⁻¹ + 0,3% quitosana, [4] ácido cítrico 300 g L⁻¹ + 0,6% quitosana, [5] ácido cítrico a 600 g L⁻¹, [6] ácido cítrico 600 g L⁻¹ + 0,3% quitosana, [7] ácido cítrico 600 g L⁻¹ + 0,6% quitosana.

Foi utilizada quitosana com médio peso molecular (200-800 cP) e grau de desacetilização de 75,58% (Sigma- Aldrich[®], código 448877).

Após a imersão, os frutos foram colocados em prateleiras vazadas para escorrer o excesso de solução e secar a solução. Em seguida, foram armazenados em câmara fria, previamente higienizada, a 5 °C, durante 20 dias.

Estes frutos foram analisados a cada cinco dias, quanto aos teores de ácido ascórbico, sólidos solúveis, acidez titulável e antocianinas, além da atividade das polifenoloxidase e peroxidase e a coloração da casca. A análise da perda de

massa fresca e da aparência foi avaliada sempre em um mesmo lote com 12 frutos.

O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial 7x5: sete soluções de recobrimento e cinco datas de amostragem, com duas repetições de 12 frutos cada.

3.3. Avaliações

O mesocarpo (polpa) foi triturado e utilizado nas determinações dos teores de sólidos solúveis, acidez titulável e ácido ascórbico. Para as análises de atividade das enzimas peroxidase, polifenoloxidase e teor de antocianina, utilizou-se a casca dos frutos que foi cortada em pedaços, imediatamente congeladas em nitrogênio líquido e armazenadas a $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$, para posterior análise.

O teor de sólidos solúveis foi quantificado em gotas extraídas da polpa triturada, por compressão em gaze e quantificado em refratômetro digital Atago PR-101 Palette, o qual expressa os resultados em $^{\circ}\text{Brix}$ (AOAC, 1997 - método 932.12).

A acidez titulável foi determinada em 10 gramas de polpa triturada, que foi diluída em 50 mL de água destilada, através de titulação com NaOH a 0,05 M e expressa em porcentagem de ácido cítrico (AOAC, 1997- método 942.15).

O teor de ácido ascórbico foi determinado em polpa triturada, que foi diluída em ácido oxálico a 0,5%, frio, através de titulação com reagente de Tillmans (2,6 diclorofenolindofenol de sódio a 0,1%) e expresso em miligramas por 100 g de polpa (RANGANA, 1977).

O "ratio", obtido pela relação entre sólidos solúveis e acidez titulável.

O teor de antocianinas da casca foi determinado através de método colorimétrico, que utiliza como extrator a mistura de etanol a 95°GL e HCl a 1,5M (15:85, v:v), e leitura direta da absorbância a 535 nm (FRANCIS, 1982). Os resultados foram expressos em mg de antocianina por 100 g de casca.

A atividade das enzimas polifenoloxidase (PPO) e da peroxidase (POD) foi determinada na casca e na polpa dos frutos utilizando-se o sobrenadante de amostras homogeneizadas em tampão fosfato de potássio a 0,2M, pH 6,7, e centrifugadas a 11655xg, por 10 minutos, a 4°C. O sobrenadante foi utilizado para determinar a atividade da enzima peroxidase conforme o indicado por LIMA et al. (1998), com leitura feita espectrofotométrica a 505 nm e expressa em nmol H₂O₂ consumido min⁻¹ g⁻¹ e a da polifenoloxidase, segundo o proposto por ALLAIN et al. (1974), com leituras a 420 nm e a atividade expressa em µmol de fenol consumido min⁻¹ g⁻¹.

A coloração da casca dos frutos foi estabelecida através de reflectometria, utilizando-se colorímetro Minolta CR400, e expressa em luminosidade como sendo o atributo de uma cor que indica o maior ou menor grau de luz por ela refletida onde valores próximo a 0 = preto e 100= branco, cromaticidade sendo está a propriedade de uma radiação luminosa visível que caracteriza a sua cor, independente da sua intensidade, é a qualidade colorimétrica da radiação e ângulo Hue atributo de uma cor, que indica a predominância de determinada cor, primária ou secundária (MINOLTA CORP., 1994); utilizando-se a metodologia indicada por MATTIUZ & DURIGAN, (2001). A coloração da casca foi feita na região equatorial dos frutos.

A perda de massa fresca foi calculada pela diferença entre a massa inicial dos frutos e a obtida em cada tempo da amostragem, expressa em porcentagem. Foi determinada com auxílio de balança semi-analítica Marte modelo AS2000, com capacidade para 1200 g e precisão de 0,1 g.

A aparência dos frutos foi avaliada visualmente, usando-se uma escala de notas: 5 = 100% vermelho; 4 = 25% da casca escurecida; 3 = 50% da casca escurecida; 2 = 75% da casca escurecida; e 1 = totalmente escurecida.

3.4 Análise estatística

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância pelo teste F e as médias foram comparadas mediante o teste de Tukey, a 5% de probabilidade. Havendo interação significativa entre os fatores, os resultados foram submetidos à regressão polinomial (BANZATTO & KRONKA, 1992).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Quitosana de baixo peso molecular

Houve perda gradativa de massa fresca ao longo do armazenamento, sendo que as maiores foram verificadas nos frutos do Testemunha, que no quinto dia de armazenamento já obteve uma diferença significativa quando comparado com os demais frutos tratados, principalmente aqueles imersos em 600 g L⁻¹ de ácido cítrico (Tabela 1 e Figura 1). Conforme CHITARRA & CHITARRA (2005), isto está diretamente associado às reações metabólicas da respiração e com a transpiração do produto, que reduzem a quantidade de água presente no tecido vegetal.

Tabela 1. Perda acumulada de massa fresca em porcentagem, nos frutos de lichias 'Bengal', tratadas com ácido cítrico associado ou não à quitosana de baixo peso molecular, armazenadas a 5 °C.

Tratamentos	Dias de armazenamento					Média Geral
	0	5	10	15	20	
Testemunha ^[1]	0aD	8,50aC	10,00aB	11,00aAB	12,00aA	8,30
Ac 300 ^[2]	0aE	6,50bD	8,50bC	10,00abB	12,00aA	7,40
Ac 300 + Quit 0,3% ^[3]	0aD	4,00dD	5,00cC	7,00cB	9,50cA	5,10
Ac 300 + Quit 0,6% ^[4]	0aE	5,50bcD	7,50bC	9,50bB	11,00abA	6,70
Ac 600 ^[5]	0aD	4,50cdC	5,50cC	8,00cB	10,50bcA	5,70
Ac 600 + Quit 0,3% ^[6]	0aA	4,00dB	6,00cC	8,00cD	11,00abE	5,80
Ac 600 + Quit 0,6% ^[7]	0aE	4,50cdD	6,00cC	8,00cB	10,00bcA	5,70
Média Geral	0,00	5,35	6,92	8,78	10,85	

^[1]Testemunha - sem imersão; ^[2]ácido cítrico a 300 g L⁻¹, ^[3]ácido cítrico 300 g L⁻¹ + 0,3% quitosana, ^[4]ácido cítrico 300 g L⁻¹ + 0,6% quitosana, ^[5]ácido cítrico a 600 g L⁻¹, ^[6]ácido cítrico 600 g L⁻¹ + 0,3% quitosana, ^[7]ácido cítrico 600 g L⁻¹ + 0,6% quitosana. Médias seguidas de mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

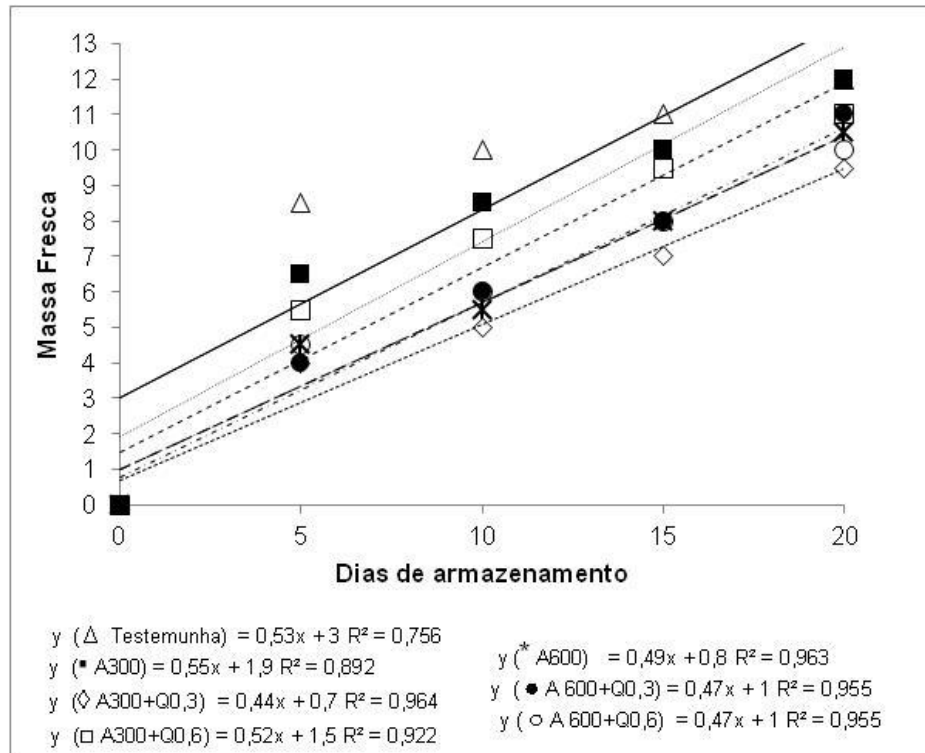


Figura 1. Perda acumulada de massa fresca, em porcentagem, de lichias 'Bengal', tratadas com ácido cítrico associado ou não à quitosana de baixo peso molecular e armazenadas a 5 °C.

É possível verificar que todos os tratamentos, com exceção do Testemunha, foram eficientes em diminuir a perda de massa fresca, destacando-se a solução de ácido cítrico a 600 g L⁻¹ que, independentemente da associação com quitosana de baixo peso molecular, foram os que levaram às menores perdas, juntamente com a combinação de ácido cítrico a 300 g L⁻¹ com 0,3% de quitosana (Tabela 1 e Figura 1). Cabe destacar que aos 20 dias de armazenamento o valor médio de perda de massa fresca foi de 10,85%. Esse valor foi inferior aos encontrados por SILVA et al. (2010), em lichias 'Bengal' tratadas com diferentes doses de ácido ascórbico e armazenadas a 5 °C, por 12 dias (16,80%). HOJO et al. (2011a) também encontraram valores superiores (18,51%) em lichias tratadas com quitosana a 0,5% e armazenadas durante 24

dias, a 5 °C. CHITARRA & CHITARRA (2005) ressaltaram que perdas de massa na ordem de 3 a 6% já são suficientes para causar perdas na qualidade da maioria dos produtos hortícolas.

Segundo SILVA et al. (2011), perdas de massa fresca acima de 6,6% resultam em escurecimento do pericarpo de lichias. Isto reafirma que os tratamentos com solução de ácido cítrico a 600 g L⁻¹ associado ou não à quitosana e a combinação ácido cítrico a 300 g L⁻¹ com 0,3% de quitosana, foram melhores, pois apresentaram perdas menores que os valores mencionados acima.

Quanto aos teores de sólidos solúveis, não se observaram diferenças significativas entre os tratamentos, destacando-se o Testemunha e o tratamento 300 g L⁻¹ de ácido com 0,6% de quitosana de baixo peso molecular, os que apresentaram menores valores 18,80 e 18,90 °Brix respectivamente (Tabela 2). HOJO et al. (2011a), estudando lichias 'Bengal' tratadas com quitosana a 0,5% e armazenadas durante 24 dias, a 5 °C (94% UR), encontraram valores entre 18 e 19° Brix, o que foi semelhante ao relatado nesse trabalho. SILVA et al. (2011) avaliando lichias 'Bengal', tratadas com ácido cítrico, ácido clorídrico, fécula de mandioca e filme de policloreto de vinila acondicionadas em bandejas de poliestireno, ao final do 20° dia de armazenamento a 5 °C, encontraram valores inferiores (16 °Brix) aos apresentados neste trabalho.

Verificou-se que ao longo do período de armazenamento houve um incremento nos teores de sólidos solúveis, contradizendo SAADERA DEL AGUILA (2009a), que afirmou que os teores de sólidos solúveis tendem a diminuir ao longo do armazenamento. Segundo o autor, isso se deve ao metabolismo do fruto, que consome açúcares para produção de energia na forma de ATP, além de outros compostos, com o objetivo da manutenção da homeostasis do fruto. SILVA et al. (2011) também encontraram decréscimo nos teores de sólidos solúveis de lichias 'Bengal' durante o período de armazenamento, embora com menor intensidade nos tratados com HCl, contradizendo os resultados deste trabalho. Contudo, a lichia, por ser uma fruta não climatérica e não acumular carboidratos de reserva, o aumento no teor de sólidos solúveis após a colheita não é comum (PAULL et al.,

1984). Este aumento verificado pode ser justificado pelo efeito da concentração, devido à perda de massa fresca da polpa durante o período de armazenamento.

Tabela 2: Teores de sólidos solúveis (SS), acidez titulável (AT), ácido ascórbico (AA) e razão SS/AT em lichias ‘Bengal’, tratadas com ácido cítrico associado ou não à quitosana de baixo peso molecular, armazenadas a 5 °C.

	SS ° Brix	AT g de ácido cítrico 100g de polpa	AA mg de ácido ascórbico 100 g de polpa	SS/AT
Testemunha ^[1]	18,80a	0,306a	43,34a	61,65a
Ac 300 ^[2]	19,00a	0,312a	44,39a	61,18a
Ac 300 + Quit 0,3% ^[3]	19,30a	0,313a	43,49a	62,52a
Ac 300 + Quit 0,6% ^[4]	18,90a	0,306a	43,62a	62,64a
Ac 600 ^[5]	19,00a	0,314a	46,06a	61,50a
Ac 600 + Quit 0,3% ^[6]	19,60a	0,323a	42,48a	60,98a
Ac 600 + Quit 0,6% ^[7]	19,20a	0,315a	43,97a	61,76a
F	NS	NS	NS	NS
Armazenamento (Dia)				
0	18,50c	0,344a	41,50c	54,52d
5	18,92bc	0,319bc	47,33a	59,34c
10	19,28ab	0,325b	46,15ab	59,22c
15	19,21ab	0,307c	43,53bc	62,55b
20	19,64a	0,269d	40,91c	73,09a
Teste F	**	**	**	**
TratxArmazen	NS	NS	NS	NS

^[1]Testemunha - sem imersão; ^[2]ácido cítrico a 300 g L⁻¹, ^[3]ácido cítrico 300 g L⁻¹ + 0,3% quitosana, ^[4]ácido cítrico 300 g L⁻¹ + 0,6% quitosana, ^[5]ácido cítrico a 600 g L⁻¹, ^[6]ácido cítrico 600 g L⁻¹ + 0,3% quitosana, ^[7]ácido cítrico 600 g L⁻¹ + 0,6% quitosana. Médias seguidas de pelo menos uma mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

Quanto à acidez das lichias, pode se verificar que os tratamentos não influenciaram nos teores, não havendo diferenças significativas entre os mesmos (Tabela 2). Os valores encontrados neste trabalho foram semelhantes aos encontrados por HOJO et al. (2011a), em lichias ‘Bengal’ tratadas com quitosana a 0,5%. Verificou-se um decréscimo nos teores de ácido cítrico durante o período de armazenamento, como decorrência natural da evolução do amadurecimento, na qual os ácidos orgânicos são metabolizados na via respiratória (PECH, 2002).

Dentre os tratamentos não se verificaram diferenças significativas para os teores de ácido ascórbico, tendo uma média de 43,88 mg de ácido ascórbico 100 g⁻¹ de polpa (Tabela 2). Estes resultados foram semelhantes aos encontrados por DA SILVA et al. (2009) que, trabalhando com diferentes doses de ácido ascórbico em lichia 'Bengal' acondicionadas em bandejas de poliestireno e armazenadas em câmara fria a 5 °C e 90% de UR, encontraram, no final do 12° dia de armazenamento teores de 30,30 mg de ácido ascórbico 100g⁻¹ para o testemunha (sem imersão) e, em média, 49,60 mg de ácido ascórbico 100g⁻¹ para os tratados com concentrações de ácido ascórbico. Essa não diferenciação dos frutos do testemunha para os frutos tratados no presente trabalho, indica que o uso de ácido cítrico associado à quitosana não interfere no teor de ácido ascórbico da polpa, e, conseqüentemente, pode indicar que o ácido cítrico associado ou não a quitosana, quando aplicado na casca acaba não sendo absorvido pela polpa.

Ao longo do período de armazenamento verificou-se que houve variações nos teores de ácido ascórbico, porém do primeiro para o 20° dia de armazenamento não foram apresentadas diferenças significativas, diferindo de DA SILVA et al. (2009), SILVA et al. (2011) e HOJO et al. (2011a) que obtiveram decréscimo nos teores de ácido ascórbico. Segundo UNDERHILL & CRITCHLEY, (1992), os teores de ácido ascórbico devem apresentar decréscimos durante o escurecimento do pericarpo de lichias, o que leva a um aumento na oxidação do ácido ascórbico.

Os valores do "ratio" (razão entre sólidos solúveis e acidez titulável) não diferiram entre os tratamentos, tendo valor médio de 61,72 (Tabela 2). Observou-se que ao longo do armazenamento houve um acréscimo nestes valores, de 54,52 no primeiro dia de armazenamento a 73,09 no 20° dia de armazenamento, conseqüência do aumento nos teores de sólidos solúveis e diminuição nos teores de acidez titulável durante o período de armazenamento. Este incremento no "ratio" também foi observado por HOJO et al. (2011a) em lichias 'Bengal' tratadas com quitosana 0,5%, no qual aumentou de 35 para aproximadamente 45 no final do 24° dia de armazenamento a 5 °C. Segundo PESIS et al. (2002), em países

como Austrália a faixa requerida de “ratio” é entre 30 e 40, abaixo dos valores encontrados neste trabalho.

Quanto à luminosidade da casca das lichias, houve interação significativa entre os tratamentos e os dias de armazenamento (Figura 2). Houve diminuição nos valores de luminosidade aos cinco dias, indicando escurecimento dos frutos, em todos os tratamentos. Esse escurecimento foi maior nos frutos do tratamento Testemunha, onde se verificou diminuição progressiva da luminosidade até o final do armazenamento. Observou-se que a partir do 5º dia de armazenamento, as soluções de ácido cítrico a 600 g L⁻¹ associadas ou não à quitosana e a combinação da solução de ácido cítrico a 300 g L⁻¹ com 0,3% de quitosana mantiveram os valores até o final do armazenamento.

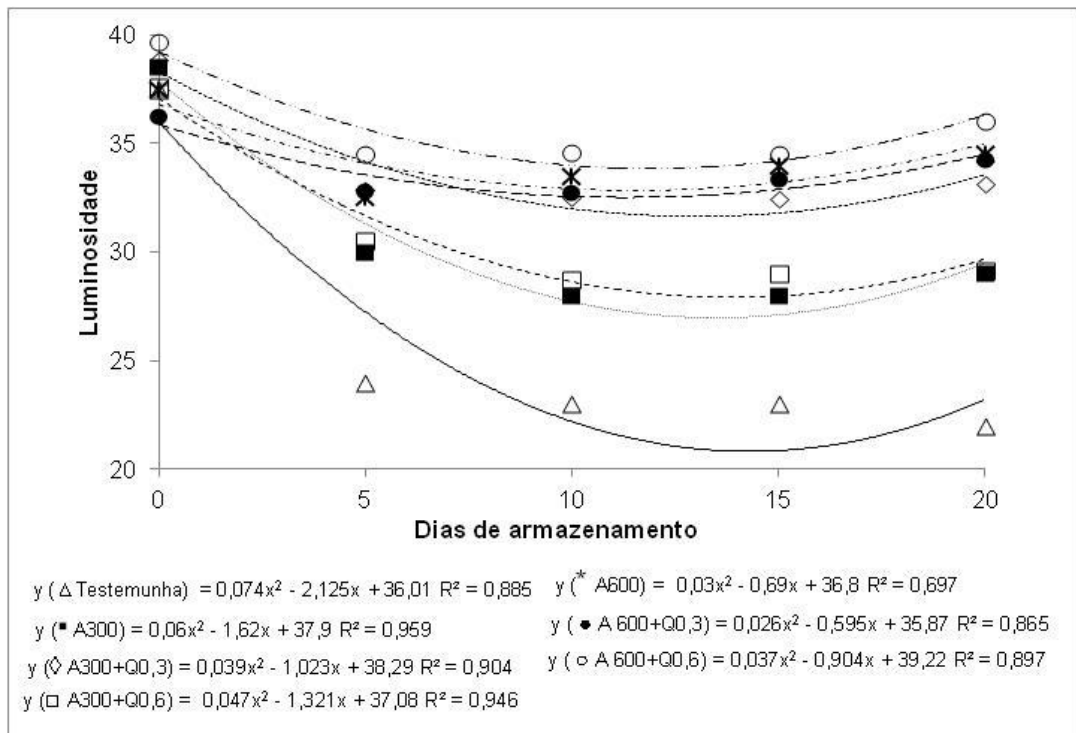


Figura 2. Luminosidade da casca de lichias ‘Bengal’, tratadas com ácido cítrico associado ou não à quitosana de baixo peso molecular e armazenadas a 5 °C.

Esse escurecimento, observado através da mudança da coloração vermelha para marrom pode ocorrer até mesmo em frutos ligados à planta mãe, em poucas horas ou até três a quatro dias após a colheita (LIMA et al. 2010), o que corrobora com este trabalho, no qual foi relatado o escurecimento a partir do 5º dia de armazenamento.

SAENGNIL et al. (2006) verificaram que a imersão de lichias em ácido ascórbico ou em ácido cítrico não foram eficazes na prevenção do escurecimento do pericarpo em condições de ambiente (25 ± 1 °C), pois os frutos tratados com este ácido mudaram a coloração em um dia para marrom, diferindo deste trabalho, no qual verificou-se que as soluções de ácido cítrico com ou sem adição de quitosana foram eficientes em retardar o escurecimento do pericarpo de lichias.

Comportamento similar foi observado para a cromaticidade da casca, em que os valores para os frutos não tratados (Testemunha) diminuíram ao longo do período de armazenamento, diferenciando-se significativamente dos que receberam os demais tratamentos (Figura 3). Observou-se que as soluções de ácido cítrico a 600 g L^{-1} , associado ou não à quitosana e a combinação de ácido cítrico a 300 g L^{-1} com 0,3% de quitosana mantiveram a intensidade dos pigmentos, até o final do período de armazenamento. Desta maneira, pode-se concluir que estes tratamentos permitiram a manutenção da coloração vermelha, característica, das lichias por até 20 dias, quando armazenadas a 5 °C.

SILVA et al. (2011), no entanto, verificaram que a coloração de lichias 'Bengal', armazenadas a 5 °C, foi mantida por apenas quatro dias em frutos envoltos com filme de PVC e em até 20 dias nos tratados com HCl, corroborando com os resultados deste trabalho, onde as soluções ácidas foram eficientes em manter a coloração vermelha do pericarpo das lichias.

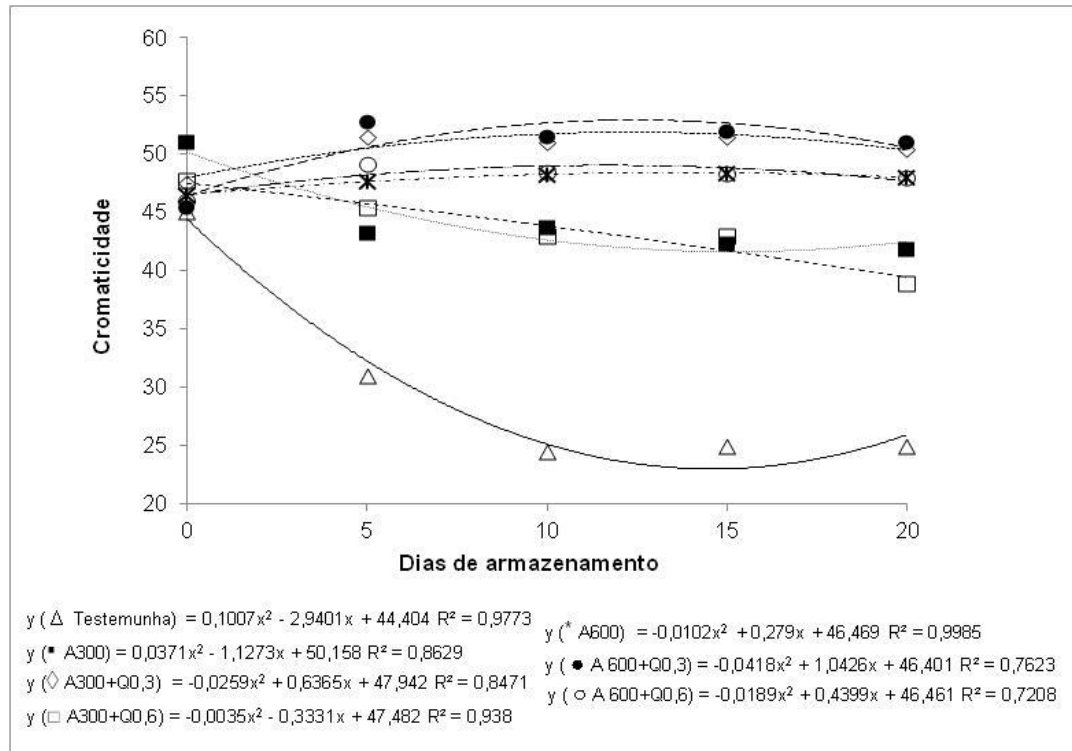


Figura 3. Cromaticidade da casca de lichias 'Bengal', tratadas com ácido cítrico associado ou não à quitosana de baixo peso molecular e armazenadas a 5 °C.

HOJO et al. (2011a) verificaram que a quitosana se mostrou efetiva na manutenção da coloração vermelha e na prevenção do escurecimento, conservando a aparência dos frutos por até 20 dias. JIANG et al. (2004) também obtiveram resultados satisfatórios para a coloração de lichias revestidas com quitosana e armazenadas durante 20 dias a 2 °C, corroborando com os resultados deste trabalho, na qual os frutos tratados com solução de ácido cítrico associado ou não com quitosana apresentaram menor ou quase nenhum escurecimento.

DUCAMP-COLLIN et al. (2008), ao armazenarem lichias das cultivares Kwai e Guiwei, a 4 °C e 90% UR, tratadas com ácido cítrico a 600 g L⁻¹ associado a 0,75% de quitosana, verificaram prologamento da vida de prateleira destes frutos em três semanas, quando comparado com os não tratados, que passaram rapidamente da coloração vermelha para o marrom. Os autores ressaltaram que o fator limitante para este tipo de tratamento foi a viscosidade da solução de ácido

cítrico, que nesta concentração e associada à quitosana, dificultou e aumentou o tempo de secagem após a imersão, o que também foi observado neste trabalho.

Verificou-se que para o ângulo Hue da casca das lichias houve interação significativa entre os tratamentos (Figura 4), ficando em média 28,84, o que está coerente com os valores obtidos por HOJO et al. (2011a) que foi de 25,74 para lichias tratadas com quitosana a 0,5%. Observou-se que durante o armazenamento os valores do ângulo tiveram comportamentos distintos para os tratamentos, sendo que a maioria apresentou um acréscimo nos valores. SILVA et al., (2011), verificaram em lichias 'Bengal' tratadas com 30 mM de ácido ascórbico armazenadas a 5 °C, perdas na coloração vermelha do pericarpo, de 25,3° para 56,7° no 12° dia, valor este mais elevado quando comparado com os encontrados neste trabalho, no final do 20° dia de armazenamento.

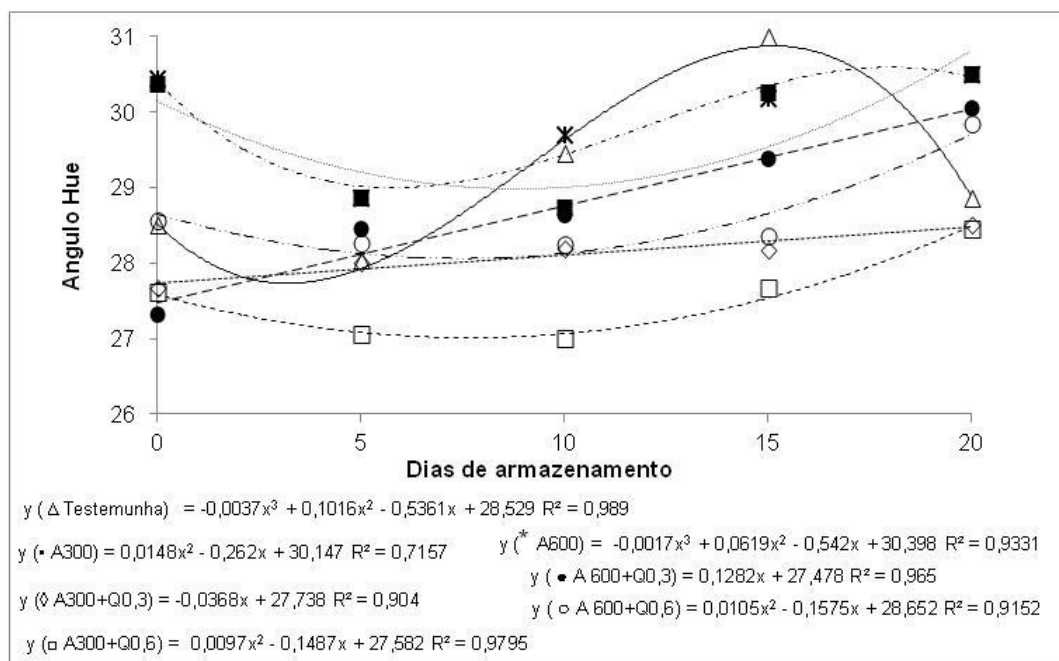


Figura 4: Ângulo Hue da casca de lichias 'Bengal', tratadas com ácido cítrico associado ou não à quitosana de baixo peso molecular e armazenadas a 5 °C.

Verificou-se que a atividade da polifenoloxidase (PPO) aumentou até o 10° dia de armazenamento, com posterior redução (Tabela 3). Este incremento

também foi relatado por LEDSHAM (1994) em lichias 'Brewster' tratadas com ácido ascórbico a 0 e a 10%, cujo o pico de atividade foi no primeiro dia de armazenamento, com redução após o quarto dia. Com relação aos tratamentos utilizados, notou-se que apesar de não ocorrerem diferenças significativas, os frutos tratados tiveram valores superiores aos do Testemunha (Tabela 3)

Tabela 3. Atividade das enzimas polifenoloxidase e peroxidase da casca de lichias 'Bengal', tratadas com ácido cítrico associado ou não à quitosana de baixo peso molecular, armazenadas a 5 °C.

Tratamentos (T)	Polifenoloxidase	Peroxidase
	($\mu\text{mol de fenol min}^{-1} \text{g}^{-1}$)	($\text{nmol de H}_2\text{O}_2 \text{ min}^{-1} \text{g}^{-1}$)
Testemunha ^[1]	5,85a	6,15a
Ac 300 ^[2]	6,51a	6,16a
Ac 300 + Quit 0,3% ^[3]	6,83a	6,46a
Ac 300 + Quit 0,6% ^[4]	6,58a	7,78a
Ac 600 ^[5]	6,64a	6,06a
Ac 600 + Quit 0,3% ^[6]	6,70a	6,57a
Ac 600 + Quit 0,6% ^[7]	6,55a	6,04a
F	NS	NS
Dias de armazenamento (D)		
0	4,78c	4,60b
5	7,48a	6,68a
10	7,70a	6,26a
15	6,28b	7,53a
20	6,37b	7,22a
F	**	**
F para interação (T x D)	NS	NS

^[1]Testemunha - sem imersão; ^[2]ácido cítrico a 300 g L⁻¹, ^[3]ácido cítrico 300 g L⁻¹ + 0,3% quitosana, ^[4]ácido cítrico 300 g L⁻¹ + 0,6% quitosana, ^[5]ácido cítrico a 600 g L⁻¹, ^[6]ácido cítrico 600 g L⁻¹ + 0,3% quitosana, ^[7]ácido cítrico 600 g L⁻¹ + 0,6% quitosana. Médias seguidas de pelo menos uma mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

Apesar de ocorrerem diferenças significativas somente no primeiro dia de armazenamento, nota-se incremento da atividade da peroxidase (POD) ao longo do armazenamento (Tabela 3). Os incrementos nas atividades das enzimas PPO e POD não foram suficientes para promover o escurecimento dos frutos, fato este

que pode ser explicado através da manutenção do pH ácido da casca com o uso dos recobrimentos (ZAUMBERMAN et al., 1991). Observou-se que a enzima POD teve comportamento similar à atividade da PPO, não ocorrendo diferenças significativas entre os tratamentos.

Vários autores vêm relacionando o escurecimento do pericarpo com a degradação das antocianinas através da atividade da PPO e da POD, UNDERHILL & CRITCHLEY (1992), TAYLOR (1993), HOJO (2010), o que não foi observado neste trabalho.

Segundo DUCAMP-COLLIN et al. (2008), a atividade da PPO e POD na casca de lichias diferem quanto à cultivar. Estes autores relatam que lichias da cultivar chee Wai, tratadas com ácido cítrico e quitosana, tiveram a atividade da PPO aumentada em mais de oito vezes e a da POD, em 20 vezes, enquanto que na variedade Kwai houve incremento da PPO em 15% e não foi constatada atividade enzimática da POD na casca.

Observou-se redução significativa no teor de antocianinas das lichias ao longo do período de armazenamento, sendo que as maiores degradações foram encontradas nos frutos não tratados (Figura 5). Verificou-se também, que a maior perda de antocianina nas lichias do tratamento Testemunha foi a partir do 5º dia de armazenamento, coincidindo com o período em que as enzimas PPO e POD mostraram as maiores atividades. ZHANG et al. (2005) também observaram que os teores de antocianinas diminuem com o aumento do escurecimento da casca e com o tempo de armazenamento. Embora os teores de antocianinas diminuam no pericarpo, observou-se que após os tratamentos com ácidos, a coloração vermelha da lichia tornou-se mais intensa. Esse fato reforça o interesse em usar tratamentos ácidos em frutas de coloração vermelha

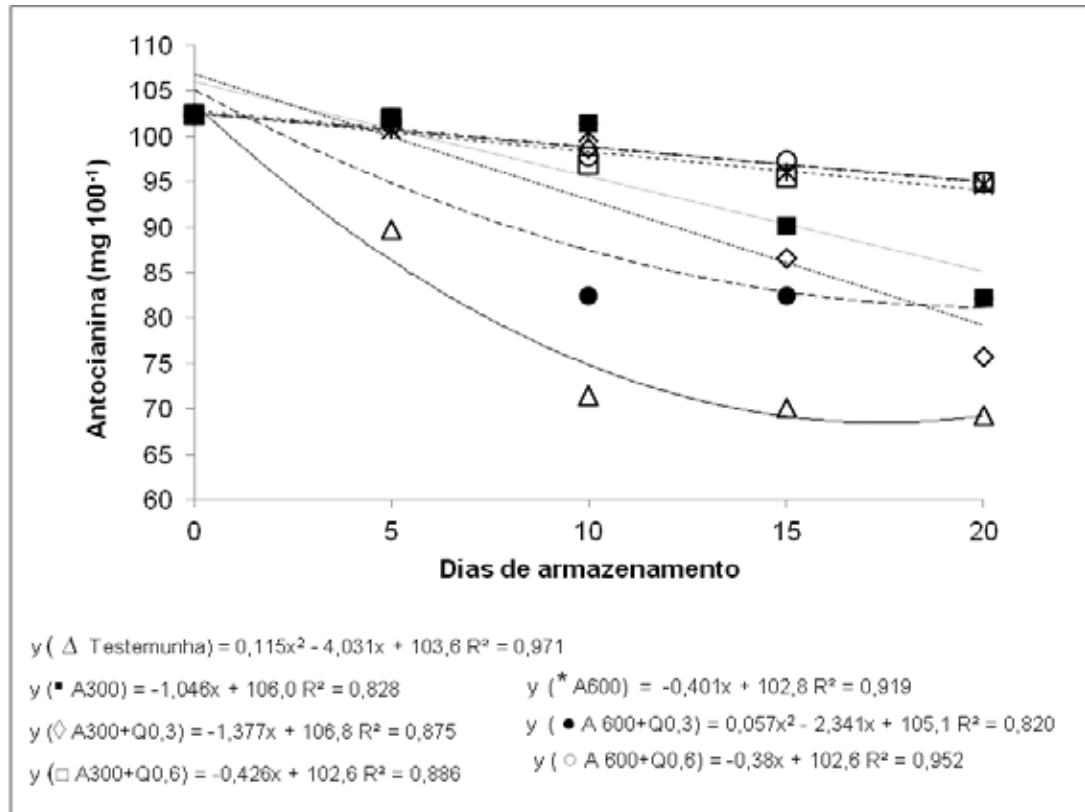


Figura 5. Teores de antocianinas em $\text{mg } 100 \text{ g}^{-1}$, na casca de lichias 'Bengal', tratadas com ácido cítrico associado ou não à quitosana de baixo peso molecular e armazenadas a $5 \text{ }^\circ\text{C}$.

Verificou-se decréscimo nas notas atribuídas para aparência ao longo do período de armazenamento (Figura 6), onde o Testemunha foi o que apresentou maior escurecimento já a partir do 5º dia de armazenamento, com 50% de escurecimento da casca (Apêndice 1). SOUZA et al. (2010) trabalhando com lichias tratadas por 0; 5; 10; 15; 20 e 25 minutos em imersão em água a $45 \text{ }^\circ\text{C}$, embaladas em bandejas de poliestireno expandido e filme de policloreto de vinila $0,020 \text{ mm}$ e armazenadas a $5 \text{ }^\circ\text{C}$ e 90% de UR, também verificaram escurecimento progressivo da casca de lichias.

O Testemunha apresentou a casca totalmente escurecida já aos 10 dias de armazenamento. O tratamento com ácido cítrico a 600 g L^{-1} mais $0,3\%$ de quitosana de baixo peso molecular, foi o que propiciou menor escurecimento, obtendo nota 4 (25% da casca escurecida) no final do 20º dia de armazenamento

(Figura 6 e Apêndice 2), seguido pelos tratamentos ácido cítrico a 600 g L^{-1} e ácido cítrico a 600 g L^{-1} mais 0,6% de quitosana, com 50% da casca escurecida.

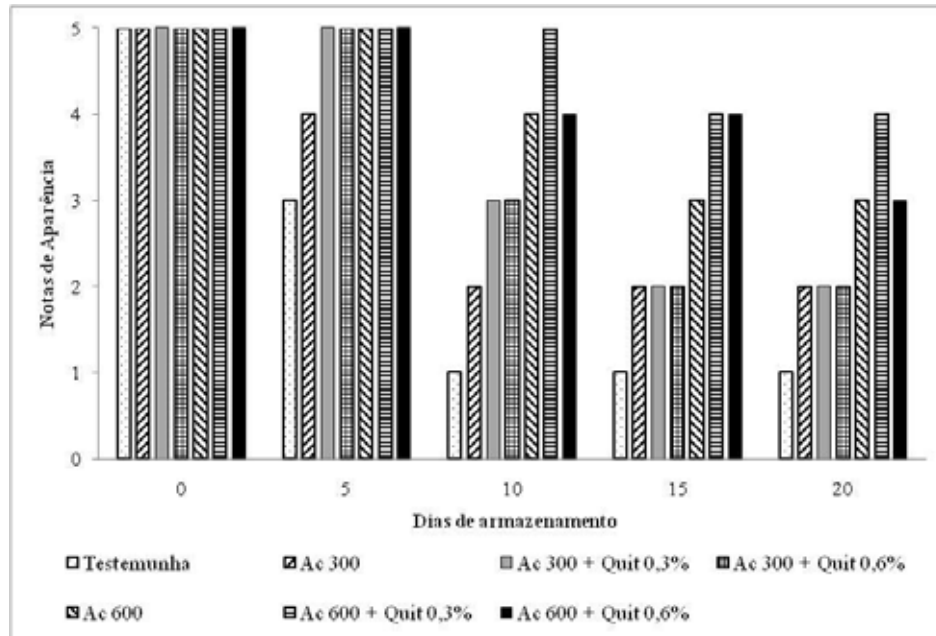


Figura 6: Aparência de lichias 'Bengal', tratadas com ácido cítrico associado ou não à quitosana de baixo peso molecular e armazenadas a $5 \text{ }^\circ\text{C}$. Escala de notas: 5 = 100% vermelho; 4 = 25% da casca escurecida; 3 = 50% da casca escurecida; 2 = 75% da casca escurecida; e 1 = totalmente escurecida.

3.2 Quitosana de médio peso molecular

Os tratamentos apresentaram perda significativa de massa fresca ao longo do período de armazenamento (Tabela 4 e Figura 7). Dentre eles observou-se que no Testemunha ocorreram as maiores perdas (8,30%). HOJO et al. (2011) encontraram valores superiores para o testemunha que foi de 13,14%. A solução a 300 g L^{-1} de ácido cítrico e a de 600 g L^{-1} de ácido cítrico associado com 0,6% de quitosana, apresentaram maiores perdas (7,40 e 7,30%, respectivamente) (Figura 7). Resultados superiores de perda de massa fresca foram obtidos por NAGAR (1994), em lichias 'Calcuttia', que foi de 13%, ao longo de 10 dias de

armazenamento a 25°C e 80 %UR. HOJO et al. (2011) também encontraram valores superiores para os frutos tratados com quitosana a 0,5%, sendo 18,51%.

Tabela 4. Perda de massa fresca acumulada em porcentagem, nos frutos de lichias 'Bengal', tratadas com ácido cítrico associado ou não à quitosana de médio peso molecular, armazenadas a 5 °C.

Tratamentos	Dias de Armazenamento					Média Geral
	0	5	10	15	20	
Testemunha ^[1]	0,00aD	8,50aC	10,00aBC	11,00aAB	12,00abA	8,3
Ac 300 ^[2]	0,00aD	6,50bC	8,50abB	10,00abB	12,00abA	7,4
Ac 300 + Quit 0,3% ^[3]	0,00aD	5,00bcC	6,00cdC	8,00cB	10,00cA	5,8
Ac 300 + Quit 0,6% ^[4]	0,00aC	5,50bcB	7,00bcdB	9,00bcA	10,00cA	6,3
Ac 600 ^[5]	0,00aD	4,50cC	5,50dC	8,00cB	10,50bcA	5,7
Ac 600 + Quit 0,3% ^[6]	0,00aD	4,50cC	6,00cdC	8,00cB	11bcA	5,9
Ac 600 + Quit 0,6% ^[7]	0,00aD	6,00bcC	7,50bcC	10,00abB	13,00aA	7,3
Média Geral	0	5,78	7,21	9,14	11,21	

^[1]Testemunha - sem imersão; ^[2]ácido cítrico a 300 g L⁻¹; ^[3]ácido cítrico 300 g L⁻¹ + 0,3% quitosana, ^[4]ácido cítrico 300 g L⁻¹ + 0,6% quitosana, ^[5]ácido cítrico a 600 g L⁻¹; ^[6]ácido cítrico 600 g L⁻¹ + 0,3% quitosana, ^[7]ácido cítrico 600 g L⁻¹ + 0,6% quitosana. Médias seguidas de mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey. ($P < 0,05$).

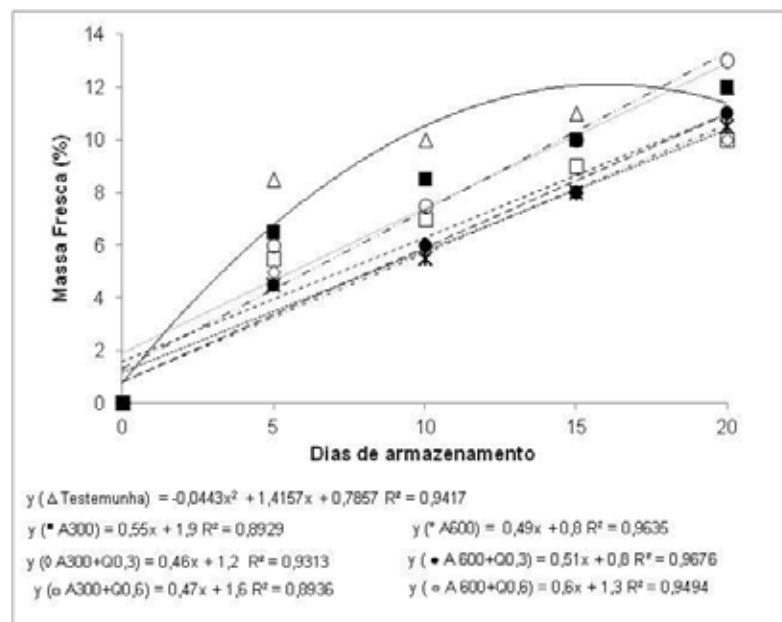


Figura 7. Perda acumulada de massa fresca, em porcentagem, de lichias 'Bengal', tratadas com ácido cítrico associado ou não à quitosana de médio peso molecular e armazenadas a 5 °C.

Pode-se verificar também que o Testemunha obteve maior perda a partir do 5º dia de armazenamento, evidenciando que a associação de ácido cítrico com quitosana de médio peso molecular foi eficiente em diminuir a perda de massa fresca inicial. O uso de quitosana na conservação pós-colheita de pêssegos 'Douradão' não foi eficiente para reduzir a perda de massa fresca dos frutos (SANTOS et al., 2008), enquanto JIANG & LI (2001) relataram que frutos de longan (*Dimocarpus longan* Lour) tratados com cobertura de quitosana a 0,5; 1,0 e 2,0%, armazenados a 2 °C e 90 %UR durante 30 dias, apresentaram reduções na perda de massa quando comparados com os não tratados, estando de acordo com este trabalho.

Verificou-se que houve diferença significativa entre o Testemunha e a solução de ácido cítrico a 600 g L⁻¹ com 0,6% de quitosana para os teores de sólidos solúveis (Tabela 5). DA COSTA (2009) não verificou diferenças nos teores de sólidos solúveis entre o testemunha e os frutos de morango cv. Aromas tratados com quitosana e armazenados a 0°C e 75% de UR, durante 10 dias de armazenamento, o que foi diferente do encontrado neste trabalho. Observou-se incremento nos teores de sólidos solúveis ao longo do período de armazenamento, o que não foi encontrado por HOJO et al. (2011b) que não observaram variações nos teores de sólidos solúveis na polpa de lichias tratadas com quitosana, ao longo do período de armazenamento.

Tabela 5. Teores de sólidos solúveis(SS), acidez titulável (AT), ácido ascórbico (AA) em lichias 'Bengal', tratadas com ácido cítrico associado ou não à quitosana de médio peso molecular, armazenadas a 5 °C.

	SS ° Brix	AT g de ácido cítrico 100g de polpa	AA mg de ácido ascórbico 100g de polpa
Testemunha ^[1]	18,80b	0,306a	43,34ab
Ac 300 ^[2]	19,00ab	0,312a	44,39ab
Ac 300 + Quit 0,3% ^[3]	19,00ab	0,314a	42,24b
Ac 300 + Quit 0,6% ^[4]	19,10ab	0,312a	43,02ab
Ac 600 ^[5]	19,00ab	0,314a	46,06a
Ac 600 + Quit 0,3% ^[6]	19,20ab	0,305a	41,68b
Ac 600 + Quit 0,6% ^[7]	19,70a	0,304a	41,84b
F	*	NS	**
Armazenamento (Dia)			
0	18,50c	0,344a	41,50b
5	18,78bc	0,313bc	47,01a
10	19,28ab	0,320b	45,72a
15	19,28ab	0,304c	42,19b
20	19,71a	0,266d	39,71b
F	**	**	**
TratxArmazen	NS	NS	NS

^[1]Testemunha - sem imersão; ^[2]ácido cítrico a 300 g L⁻¹, ^[3]ácido cítrico 300 g L⁻¹ + 0,3% quitosana, ^[4]ácido cítrico 300 g L⁻¹ + 0,6% quitosana, ^[5]ácido cítrico a 600 g L⁻¹, ^[6]ácido cítrico 600 g L⁻¹ + 0,3% quitosana, ^[7]ácido cítrico 600 g L⁻¹ + 0,6% quitosana. Médias seguidas de pelo menos uma mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

Para acidez titulável verificou-se que não houve diferença significativa entre os tratamentos (Tabela 5), porém o Testemunha e os frutos tratados com solução de ácido cítrico a 600 g L⁻¹, com 0,3% e 0,6% de quitosana foram os que apresentaram os menores valores. Ao longo do período de armazenamento observou-se diminuição nos teores, o que foi semelhante ao encontrado por HOJO et al. (2011a) em lichias tratadas com quitosana, cujos valores também reduziram durante o armazenamento, como decorrência natural do processo de senescência, no qual os ácidos orgânicos são metabolizados na via respiratória (PECH, 2002). JIANG et al. (2004) também relataram diminuição nos valores de acidez titulável em lichias tratadas com HCl a 1% após 12 dias de armazenamento, semelhantes aos encontrados neste trabalho.

Os teores de ácido ascórbico diminuíram a partir do 10º dia de armazenamento (Tabela 5). Esta redução pode ter ocorrido devido ao efeito deste

ácido para tentativa de evitar as reações oxidativas que são ativadas durante a senescência do fruto (FOYER et al., 1994). Dentre os tratamentos pode-se verificar que os frutos tratados com solução de 600 g L⁻¹ foram os que apresentaram o maior teor de ácido ascórbico, porém não diferiu estatisticamente do Testemunha. A média para os teores de ácido ascórbico foi de 43,23 mg de ácido ascórbico, o que foi inferior ao encontrado por HOJO et al. (2011b) para lichias tratadas com HCl a 1%, que constatou teor de 60 mg de ácido ascórbico. SILVA et al. (2011) encontraram valores inferiores aos observados neste trabalho em lichias tratadas com ácido cítrico no final do 20° dia de armazenamento.

Na razão sólidos solúveis (SS/AT), comumente conhecida como “ratio”, é possível verificar que houve interação entre os tratamentos e os dias de armazenamento (Figura 8). HOJO et al. (2011a) também verificaram esta interação significativa, que aumentou durante o período de armazenamento. As soluções de ácido cítrico a 600 g L⁻¹ associado com 0,6% e 0,3% de quitosana de médio peso molecular, foram as que apresentaram maiores valores no final do 20° dia de armazenamento (74,13). Verificou-se que houve incremento neste parâmetro durante o período de armazenamento, tendo os tratamentos média de 62,43.

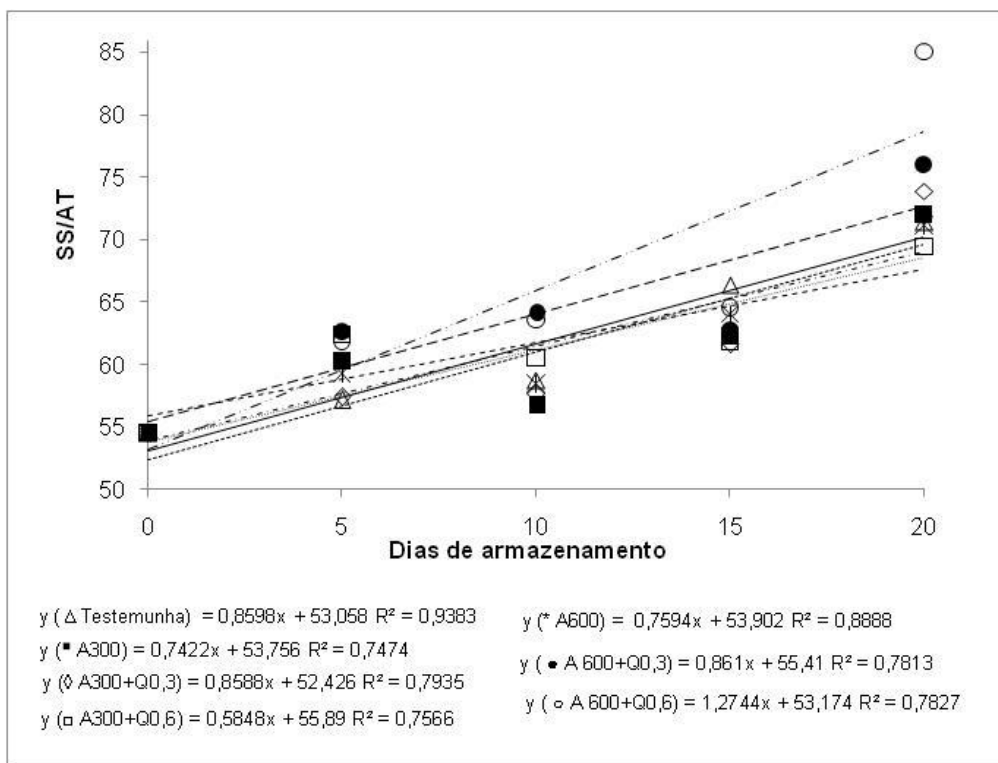


Figura 8. Razão entre sólidos solúveis (SS) e acidez titulável (AT) de lichias 'Bengal', tratadas com ácido cítrico associado ou não à quitosana de médio peso molecular e armazenadas a 5 °C.

O parâmetro luminosidade (L) é indicador de escurecimento do fruto. Verificou-se decréscimo acentuado nos valores do Testemunha em relação aos demais tratamentos, indicando maior escurecimento da casca destes frutos (Figura 9). Em morangos, a aplicação de quitosana não influenciou no escurecimento, no qual o testemunha não se diferenciou dos frutos tratados com quitosana ao longo de 10 dias de armazenamento (DA COSTA, 2009). O maior escurecimento do Testemunha foi verificado até o 5º dia de armazenamento. Os tratamentos de ácido cítrico a 600 g L⁻¹, associado com 0,3 e 0,6% de quitosana foram os que mantiveram a luminosidade ao longo do período de armazenamento, indicando que ocorreu maior influência do ácido cítrico na manutenção da luminosidade. A média dos tratamentos foi 32,26. VARGAS et al. (2006) observaram redução da luminosidade de morangos durante o armazenamento de

amostras recobertas ou não com quitosana ao longo do armazenamento, atribuindo a perda de luminosidade à desidratação das amostras não recobertas com quitosana. Tal relação não foi evidenciada neste trabalho.

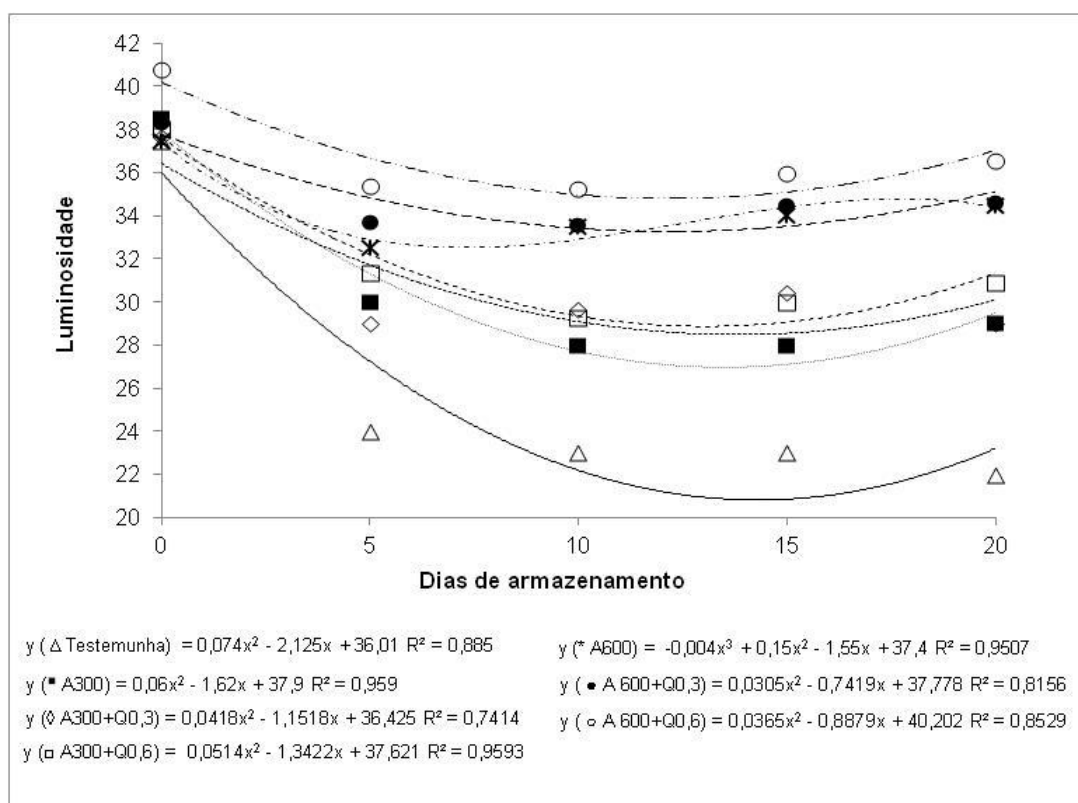


Figura 9. Luminosidade da casca de lichias 'Bengal', tratadas com ácido cítrico associado ou não à quitosana de médio peso molecular e armazenadas a 5 °C.

Quanto a cromaticidade das lichias 'Bengal' tratadas com solução de ácido cítrico com ou sem quitosana de médio peso molecular, observou-se decréscimo acentuado nos valores para o Testemunha, apresentando os menores valores entre o 10° e 15° dia de armazenamento (Figura 10). Os tratamentos com solução de ácido cítrico a 600 g L⁻¹ associado ou não com quitosana foram mais eficientes quando comparado com os demais tratamentos, reforçando que o ácido cítrico pode ser responsável pela manutenção da coloração da casca. A média para

cromaticidade entre os tratamentos foi de 44. Este resultado não corrobora com o encontrado por VARGAS et al. (2006), que não observaram diferenças significativas na cromaticidade entre frutos revestidos ou não com quitosana em diferentes concentrações de ácido oléico.

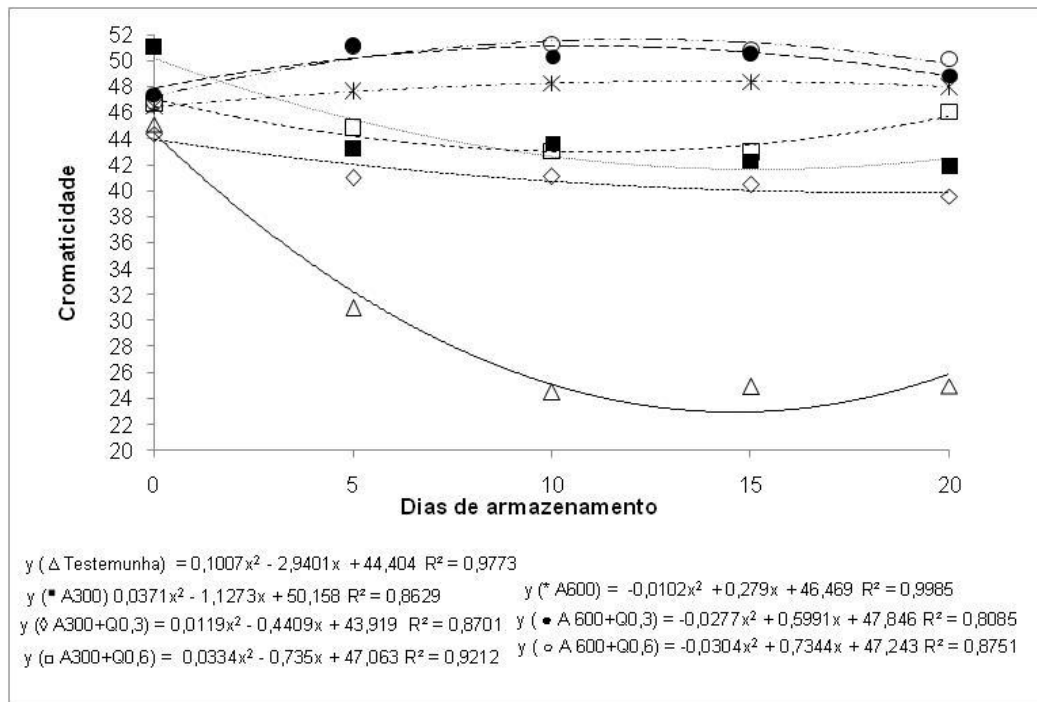


Figura 10. Cromaticidade da casca de lichias 'Bengal', tratadas com ácido cítrico associado ou não à quitosana de médio peso molecular e armazenadas a 5 °C.

Com relação ao ângulo Hue, nota-se que, apesar da diferença significativa, os valores foram muito próximos entre si, o que não levou a um efeito satisfatório do efeito dos tratamentos (Tabela 6). Entretanto, ao longo do armazenamento observou-se incremento até o 2º dia, indicando diminuição da cor vermelha. HOJO et. al. (2011a) também encontraram valores semelhantes (25,74), para lichias tratadas com quitosana.

Tabela 6: Ângulo Hue, atividade das enzimas polifenoloxidase, peroxidase e teores de antocianina da casca de lichias ‘Bengal’, tratadas com ácido cítrico associado ou não à quitosana de médio peso molecular, armazenadas a 5 °C.

	Ângulo Hue	Polifenoloxidase ($\mu\text{mol de fenol min}^{-1} \text{g}^{-1}$)	Peroxidase ($\text{nmol de H}_2\text{O}_2 \text{ min}^{-1} \text{g}^{-1}$)	Antocianina ($\text{mg } 100\text{g}^{-1}$)
Testemunha ^[1]	29,17ab	5,85a	6,15a	80,63b
Ac 300 ^[2]	29,74a	6,51a	6,16a	96,82a
Ac 300 + Quit 0,3% ^[3]	29,47ab	7,12a	5,88a	95,27ab
Ac 300 + Quit 0,6% ^[4]	28,25b	6,74a	7,36a	100,65a
Ac 600 ^[5]	29,93a	6,64a	6,06a	97,92a
Ac 600 + Quit 0,3% ^[6]	28,65ab	7,22a	6,12a	95,39ab
Ac 600 + Quit 0,6% ^[7]	29,81a	6,98a	6,65a	98,72a
DMS (5%)	1,28	1,40	1,79	14,97
Armazenamento (Dia)				
0	29,46ab	4,78c	4,60a	102,42a
5	28,34bc	7,87a	6,86b	100,63ab
10	28,80c	7,76a	6,25b	96,72abc
15	29,89a	6,59b	7,12b	89,98bc
20	29,95a	6,61b	6,86b	85,54c
CV (%)	3,14	14,94	20,26	11,27
DMS (5%)	1,00	1,09	1,39	11,64
Média	29,29	6,72	6,34	95,06
Teste F				
Tratamento	4,74**	2,13ns	1,54ns	3,83**
Armazenamento	8,14**	21,47**	8,86**	6,23**
TratxArmazen	0,77ns	0,88ns	0,95ns	0,74ns

^[1]Testemunha - sem imersão; ^[2]ácido cítrico a 300 g L⁻¹, ^[3]ácido cítrico 300 g L⁻¹ + 0,3% quitosana, ^[4]ácido cítrico 300 g L⁻¹ + 0,6% quitosana, ^[5]ácido cítrico a 600 g L⁻¹, ^[6]ácido cítrico 600 g L⁻¹ + 0,3% quitosana, ^[7]ácido cítrico 600 g L⁻¹ + 0,6% quitosana. Médias seguidas de pelo menos uma mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

Com relação à atividade da enzima polifenoloxidase (PPO) observou-se aumento na atividade ao longo do período de armazenamento, apresentando entre o 5º e 10º dia de armazenamento os maiores valores, estabilizando-se logo após este período (Tabela 6). HOJO et al. (2011b) também verificaram incremento no 3º e 4º dia de armazenamento em lichias tratadas por imersão em solução de HCl a 1% e armazenadas a 20 °C. Não foi verificada diferença significativa entre os tratamentos, tendo o Testemunha a menor média. A média para atividade da PPO foi de 6,72 mmol de fenol consumido min⁻¹ g⁻¹, que foi inferior ao encontrado por Hojo et al. (2011b) em lichias imersas em HCl a qual foi de 7,88 mmol de fenol consumido min⁻¹ g⁻¹, no final do 12º dia de armazenamento.

A atividade enzimática da peroxidase (POD) não apresentou diferenças significativas entre os tratamentos, no entanto, a solução de ácido cítrico a 300 g L⁻¹ associada com 0,3% de quitosana de médio peso molecular apresentou menor atividade (Tabela 6). Verificou-se incremento na atividade POD ao longo do período de armazenamento, no qual foi verificado o escurecimento do pericarpo das lichias, cuja média foi de 6,34.

Vários autores vêm relatando que a inibição da atividade da PPO e da POD retarda o escurecimento do pericarpo em lichias (HOJO et al., 2011b; JIANG & FU, 1999; JIANG et al., 2004; SOUZA et al., 2009; SAAVEDRA DELL AGUILLA et al., 2009b). No entanto neste trabalho os resultados vão de encontro aos dos autores, pois foram verificados os menores valores da atividade da PPO e POD para o Testemunha que apresentou maior escurecimento.

Quanto aos teores de antocianinas da casca das lichias, observou-se que ocorreram diferenças significativas entre os tratamentos (Tabela 6). Os maiores valores obtidos foram para os diferentes tratamentos que diferiram significativamente do Testemunha, com exceção para os tratamentos associados a 0,3% de quitosana de médio peso molecular. Ao longo do período de armazenamento foi verificado decréscimo dos teores, principalmente entre o 5° e 10° dia de armazenamento, relacionado com o período de acréscimo na atividade da enzima PPO.

Para a aparência das lichias 'Bengal', foi possível verificar rápida perda da qualidade dos frutos Testemunha, onde no quinto dia de armazenamento verificou-se 50% da casca escurecida (Figura 11 e Apêndice 3). Este rápido escurecimento vem corroborando com os resultados encontrados neste trabalho para luminosidade, cromaticidade e teores de antocianinas que demonstraram o escurecimento dos frutos do Testemunha em função da maior perda de massa fresca. Hojo et al. (2011b) também verificaram comportamento semelhante para lichias tratadas com HCl 1% e tratamento hidrotérmico, em que o Testemunha já no primeiro dia de armazenamento apresentou 75% da casca escurecida. No décimo dia de armazenamento os frutos do Testemunha já se apresentavam com

100% da casca escurecida enquanto que o tratamento com ácido cítrico e 600 g L^{-1} associado a 0,3% de quitosana de médio peso molecular se manteve com a coloração vermelha intensa. No final do 20º dia de armazenamento os tratamentos com ácido cítrico e 600 g L^{-1} associado ou não a quitosana apresentaram menor escurecimento, tendo somente 50% da casca escurecida, seguido pelos tratamentos com ácido cítrico a 300 g L^{-1} que apresentaram 75% da casca escurecida (Apêndice 4). SAADERA DEL AGUILA et al. (2009c) também encontraram maiores porcentagens de escurecimento para frutos do testemunha no final do décimo dia armazenamento a $5 \text{ }^\circ\text{C}$, mais 3 dias de comercialização simulada ($20 \text{ }^\circ\text{C}$).

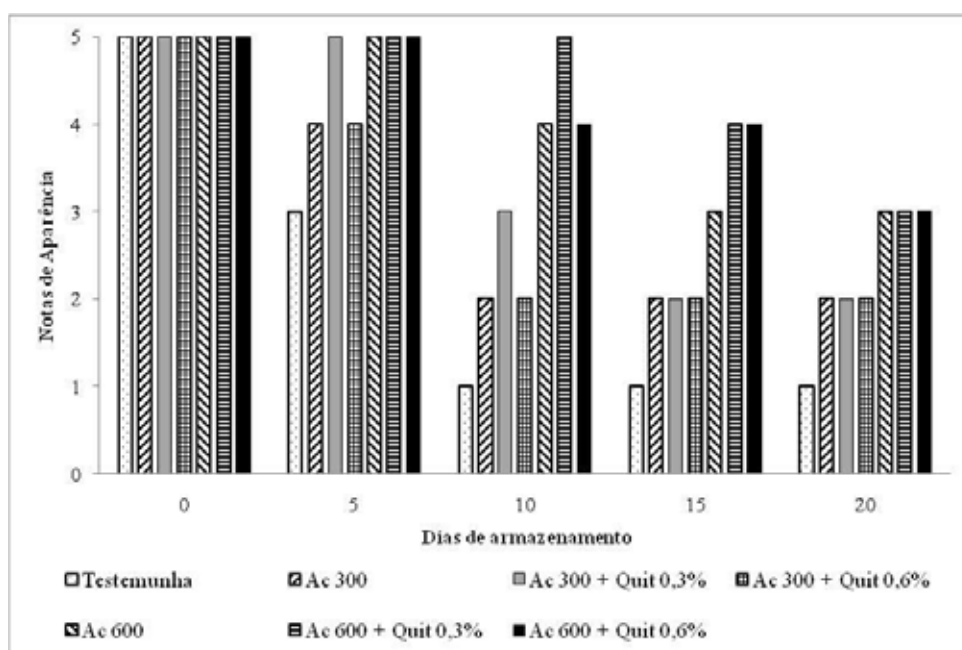


Figura 11: Aparência de lichias 'Bengal', tratadas com ácido cítrico associado ou não à quitosana de médio peso molecular e armazenadas a $5 \text{ }^\circ\text{C}$. escala de notas: 5 = 100% vermelho; 4 = 25% da casca escurecida; 3 = 50% da casca escurecida; 2 = 75% da casca escurecida; e 1 = totalmente escurecida.

4. CONCLUSÕES

O tratamento com 300 g L⁻¹ de ácido cítrico e 0,3% de quitosana, independente do peso molecular, apresentou as menores perdas de massa fresca durante os 20 dias de armazenamento a 5 °C.

Os frutos tratados com 600 g L⁻¹ de ácido cítrico, foram mais eficientes na manutenção da coloração vermelha, luminosidade, cromaticidade, ângulo Hue e aparência de lichias 'Bengal' armazenadas por 20 dias a 5 °C.

5. REFERÊNCIAS

ALLAIN, C. C.; POON, L. S.; CHAN, C. S. G.; RICHMOND, W.; FU, P.C. Enzymatic determination of total serum cholesterol. **Clinical Chemistry**, Baltimore, v. 120, p. 470-475, 1974.

A.O.A.C. **Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists International**. Arlington: Patricia Cuniff (Ed.), 1997. p.37-10, 42-2, 44-3, 45-16.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE LICHIA E LONGANA. **Principais países produtores de lichia**. Disponível em: <<http://www.abrali.org.br/lichiaemnumeros.htm>>. Acesso em: 20 Junho. 2011.

BANZATTO, D. A.; KRONKA, S. do N. **Experimentação agrícola**. Jaboticabal: Funep, 1992. p. 247.

BAUTISTA-BAÑOS, S.; HERNÁNDEZ-LAUZARDO, A.N.; VELÁZQUEZ-DELVALLE, M.G.; HERNÁNDEZ-LÓPEZ, M.; BARKA, E.A.; BOSQUEZ-MOLINA, E.; WILSON, C.L. Chitosan as a potencial natural compound to control pre and postharvest diseases of horticultural commodities. **Crop Protection**, v. 25, p. 108-118, 2006.

CAMILLI, E. C.; BENATO, E. A.; PASCHOLATI, S. F.; Cia, P. Avaliação de quitosana, aplicada em pós-colheita, na proteção de uva 'Itália' contra *Botrytis cinerea*. **Summa Phytopathologica**, v.33, p.3, p.215-221, 2007.

CARO, Y.; JOAS, J. Postharvest control of litchi pericarp browning (cv. Kwai Mi) by combined treatments of chitosan and organic acids II. Effect of the initial water

content of pericarp. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v.38, n.1, p.137-144, 2005.

CARVALHO, C.M.; SALOMÃO, C.CH. Cultura da licheira. **Boletim de Extensão**, **43**, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG. 38p. 2000.

CEAGESP - COMPANHIA DE ENTREPÓSITOS E ARMAZÉNS GERAIS DE SÃO PAULO. **A lichia na CEAGESP de 1999 a 2009**. São Paulo: Ceagesp. Disponível em: <<http://www.hortibrasil.org/jnw/index.php>>. Acesso em: 22 Junh. 2011.

CERQUEIRA, T. S.; **Recobrimentos comestíveis em goiabas c.v. 'Kumagai'**, 2007. Dissertação (Mestrado em Fisiologia e Bioquímica de Plantas) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, 2007.

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio**. 2ed. Lavras: Editora UFLA, 2005. 783 p.

DA COSTA, C. S. **Coberturas à base de quitosana na qualidade pós-colheita de morangos cv. Aromas** (Tese de doutorado) Programa de pós-graduação em ciência e tecnologia agroindustrial - Universidade Federal de Pelotas - Faculdade de Agronomia "Eliseu Maciel", 2009.

DA SILVA, D. F. P., CABRINI, E. C., ALVES, R. R., SALOMÃO, L. C. C. Uso do ácido ascórbico no controle do escurecimento do pericarpo de lichia. **Revista Brasileira de Fruticultura**. Jaboticabal, v. 32, n. 2, p. 618-627, 2010

DE SOUZA, A. V., VIEITES, R. L., KOHATSU, D. S., LIMA, G. P. P. Tratamento térmico na manutenção da coloração de lichias. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal. v. 32, n. 1, p. 067-073, 2010.

DEREUCK, K.; SIVAKUMAR, D.; KORSTEN, L. Effect of integrated application of chitosan coating and modified atmosphere packaging on overall quality retention in litchi cultivars. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.89, p.915–920, 2009.

DOS SANTOS, C. E. M. A cultura da lichieira. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.31, n.2, 2009.

DOTTO, G. L.; GREVINELI, A. C.; OLIVEIRA, A.; PONS, G.; P., Luiz A. A. Uso de quitosana como filme microbiológico para o aumento da vida útil de mamões papaia. In: Congresso de Iniciação Científica. 17., Rio Grande do Sul. 2008.

DUCAMP-COLLIN, M.; RAMARSON, H.; LEBRUN, M.; SELF, G.; REYNES, M. Effect of citric acid and chitosan on maintaining red coloration of litchi fruit pericarp. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 49, p. 241-246, 2008.

EL GHAOUTH, A.; ARUL, J. PONNAMPALAM, R.; BOUET, M. Chitosan coating effect on storability and quality of fresh strawberries. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 56, n. 6, p. 1618-1620, 1991.

EL GHAOUTH, A.; WILSON C.; BENHAMOU N. Ultrastructural and cytochemical aspects of the effect of chitosan on decay of bell pepper fruit. **Physiological and Molecular Plant Pathology**, London, v. 44, n. 6, p. 417-432, 1994.

FOYER, C. H.; DESCOURVIERES, P.; KUNERT, K. J. Protection against oxygen radicals: An important defense mechanism studied in transgenic plants. **Plant Cell and Environment**, Malden, v. 17, p. 507-523, 1994.

FRANCIS, F. J. **Analysis of anthocyanins**. In: MARKAKIS, P. Anthocyanins as food colors. New York: Academic Press, 1982. p.181-207.

GARCÍA-PÉREZ, E.; MARTINS, A. B. G. Florescimento e frutificação de lichieiras em função do anelamento de ramos. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.28, n.1, p. 14-17, 2006.

GARCÍA-PÉREZ, E.; MARTINS, A.B.G. Floração e produção de lichia, em árvores sob anelamento de ramos, em Taquaritinga-SP. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 18., 2004, Florianópolis - SC: EPAGRI; SBF, 2004. **Anais...** CD-ROM.

HAN, C.; ZHAO, Y.; LEONARD, S.W.; TRABER, M.G. Edible coatings to improve storability and enhance nutritional value of fresh and frozen strawberries (*Fragaria xananassa*) and raspberries (*Rubus ideaus*). **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v.33, p.67-78, 2004.

HOJO, E. T. D. **Aplicação de métodos combinados na conservação da qualidade de lichias 'Bengal'**. 2010. 120f. (Doutorado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista. 2010.

HOJO, E. T. D.; DURIGAN, J. F.; HOJO, R. H. Uso de embalagens plásticas e cobertura de quitosana na conservação pós-colheita de lichias. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.e, p.377-383, 2011a.

HOJO, E. T. D.; DURIGAN, J. F.; HOJO, R. H.; DONADON, J. R.; MARTINS, R. N. Uso de tratamento hidrotérmico e ácido clorídrico na qualidade de lichia 'bengal'. **Revista Brasileira de Fruticultura**. Jaboticabal , v. 33, n. 2, p. 386-393, 2011b.

JIANG, Y. M.; FU, J.R. Biochemical and physiological changes involved in browning of litchi fruit caused by water loss. **Journal of Horticultural Science & Biotechnology**, Ashford, v. 74, n.1, p. 43-46, 1999.

JIANG, Y. Role of anthocyanins, polyphenol oxidase and phenols in lychee pericarp browning. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 80, p. 305–310, 2000.

JIANG, Y.; LI, Y. Effects of chitosan coating on postharvest life and quality of longan fruit. **Food Chemistry**, London, v. 73, p. 139-143, 2001.

JIANG, Y. M.; LI, Y.; LI, J. Browning control, shelf life extension and quality maintenance of frozen litchi fruit by hydrochloric acid. **Journal of Food Engineering**, Essex, v. 63, p. 147–151, 2004.

JIANG, Y.; DUAN, X.; JOYCE, D.; ZHANG, Z.; LI, J. Advances in understanding of enzymatic browning in harvested litchi fruit. **Food Chemistry**, v. 88, p. 443–446, 2004.

JIANG, Y. M., LI, J., JIANG, W., Effects of chitosan coating on shelf life of cold stored litchi fruit at ambient temperature. **Food Science Technology** v.38, p.757–761, 2005.

JOAS, J.; CARO, Y.; DUCAMP, M. N.; REYNES, M. Postharvest control of pericarp browning of litchi (*Litchi chinensis* Sonn cv. Kwai Mi) by treatment with chitosan and organic acids I. Effect of pH and pericarp dehydration. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 38, p. 128-136, 2005.

KUMAR M. N. V. R. A review of chitin and chitosan applications. **Reactive & Functional Polymers**. v. 46, n. 1, p. 1-27, 2000.

LEDHAM, L. R. **Escurecimento pós-colheita da casca e qualidade sensorial de frutos de lichia (*Litchi chinens* Sonn.)**. 1994. 67f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Pós-graduação em Fitotecnia, Universidade Federal de Viçosa, 1994.

Lim S.H., Hudson SM, **Carbohydr Research**, 2004. p. 339-313.

LIMA, R. A. Z.; ABREU, C. M. P.; ASMAR, S. A.; CORRÊA, A. D.; SANTOS, C. D. Embalagens e recobrimento em lichias (*Litchi chinensis* Sonn.) armazenadas sob condições não controladas. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.34, n.4, p.914-921, 2010.

LÓPEZ O.P.; JIMÉNEZ A.R.; VARGAS F.D. Natural pigments: carotenoids, anthocyanins, and betalains – characteristics, biosynthesis, processing, and stability, **Critical Reviews Food Science Nutrition**, v.40, n.3, p.173-289, 2000.

LOPES, R. M.; OLIVEIRA, T. T.; NAGEM, T. J, **Flavonóides, Biotecnologia, Ciência & Desenvolvimento**, v. 3, n.14, p.18-22, 2000.

MARTINS, A. B. G. Lichia. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 27, n. 3, p. 337, 2005.

MATTIUZ, B. H; DURIGAN, J. F. Efeito de injúrias mecânicas na firmeza e coloração de goiabas das cultivares Paluma e Pedro Sato. **Revista Brasileira de Fruticultura, Jaboticabal**, v.23, n.2, p.277-281, 2001.

MENZEL, C.M.; KERNOT, I. **Lychee Information Kit**. Department of Primary Industries. Series AGRILINK. Queensland, Australia. 2002. 260 p.

MENZEL, C. M.; WAITE, G. K. **Litchi and Longan: botany, production and uses.** UK: CABI, 2005. 305p.

MINOLTA CORP. **Precise color communication: color control from feeling to instrumentation** Ramsey: Minolta Corporation Instrument Systems Division, p. 49, 1994.

MIZOBUTSI, G. P.; FINGER, F. L.; RIBEIRO, R. A.; PUSCHMANN, R.; NEVES, L. L. de M; MOTA, W. F. Effect of pH and temperature on peroxidase and polyphenoloxidase activities of litchi pericarp. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v.67, n.2, p.213-217, 2010.

MOTTA, E. L. **Avaliação da composição nutricional e atividade antioxidante de *Litchi chinensis* Sonn. cultivada no Brasil.** 2009. 80f. Dissertação (Mestrado em Farmácia) – Faculdade de Farmácia da Universidade Federal do Rio de Janeiro. 2009.

NAGAR, P. K. Physiological and biochemical studies during fruit ripening in litchi (*Litchi chinensis* Sonn.). **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v.4, p. 225-234, 1994.

OKUYAMA, K.; NOGUCHI, K.; KANEMARI, M.; EGAWA, T.; OSAWA, K.; K.; OGAWA, K. Structural diversity of chitosan and its complexes. **Carbohydrate Polymers**, v.41, p.237-247, 2000.

PAULL, C. K. B.; HECKER, R.; COMMEAU, R. P.; FREEMAN-LYNDE, C. NEWMAN, W, P. CORSO; S. GOLUBIC. J. E. HOOK. E. SIKES AND J. CURRAY. Biological communities at the Florida Escarpment resemble hydrothermal vent taxa. **Science**. n.226, 965-967. 1984.

PECH, J. C. Unravelling the mechanisms of fruit ripening and development of sensory quality through the manipulation of ethylene biosynthesis in melon. In: NATO ADVANCED RESEARCH WORKSHOP ON BIOLOGY AND BIOTECHNOLOGY OF THE PLANT HORMONE ETHYLENE, 2002, Murcia. **Anais...**

PEN, L. T.; JIANG, Y. M. Effects of chitosan coating on shelf life and quality of fresh-cut Chinese water chestnut. **Lebensmittel, Wissenschaft und Technologie**, San Diego, v. 36, n. 3, p. 359-364, 2003.

PESIS, E.; DVIR, O.; FEYGENBERG, O.; BEN ARIE, R.; ACKERMAN, M.; LICHTER, A. Production of acetaldehyde and ethanol during maturation and modified atmosphere storage of litchi fruit. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 26, p. 157-165, 2002.

RANGANNA, S. **Manual of analysis of fruit and vegetable products**. New Delhi: McGraw-Hill, 1977. p.634.

REDDY, M. V. B.; BELKACEMI K.; CORCUFF R.; CASTAIGNE F.; ARUL J. Effect of pre-harvest chitosan sprays on post-harvest infection by *Botrytis cinerea* and quality of strawberry fruit. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 20, n. 1, p. 39-51, 2000.

ROBERTS, G. A. F. **Chitin Chemistry**, Macmillan, London. 1992. p.166-169.

SAAVEDRA DEL AGUILA, J. 2009. **Consevação pós-colheita de Lichia (*Litchi chinensis* Sonn.)**. 162f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Curso Pós-graduação em Fitotecnia, Universidade de São Paulo, SP. 2009a.

SAAVEDRA DEL AGUILA, J.; DEL AGUILA, H., L. S.; SASAKI, F. F. ; ORTEGA, E. M. M.; KLUGE, R. A. Efeito de antioxidante na taxa respiratória e na produção de etileno de lichia 'Bengal' armazenada sob refrigeração. **Revista Iberoamericana de Tecnologia Postcosecha**, Hermosillo, v. 10, n. 1, p. 8-13, 2009b.

SAAVEDRA DEL AGUILA, J.; HOFMAN, P.; CAMPBELL, T.; MARQUES, J. R.; DEL AGUILA, L. S. H.; KLUGE, R. A. Pré-resfriamento em água de lichia 'B3' mantida em armazenamento refrigerado. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 39, n. 8, p. 2373-2379, 2009c.

SAENGNIL, K.; LUEANGPRASERT, K.; UTHAIBUTRA, J. Control of enzymatic browning of harvested 'Hong Huay' litchi fruit with hot water and oxalic acid dips. **Science Asia**, Shanghai, v. 32, p. 345-350, 2006.

SALOMAO, L. C. C.; SIQUEIRA, D. L.; PEREIRA, M. E. C. Desenvolvimento do fruto da lichieira (*Litchi chinensis* Sonn.) 'Bengal'. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 28, n.1, p. 11-13, 2006.

SANTOS, C. A. A.; CASTRO, J. V. de; PICOLI, A. A.; ROLIM, G. S. Uso de quitosana e embalagem plástica na conservação pós-colheita de pêssegos 'Douradão'. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.30, n.1, p. 88-93, 2008.

SILVA, D. F. P.; CABRINI, E. C.; ALVES, R. R.; SALOMÃO, L. C. C. Uso do ácido ascórbico no controle do escurecimento do pericarpo de lichia. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 32, n. 2, p. 618-627, 2010.

SILVA, D. F. P.; SALOMÃO, L. C. C.; CABRINI, E. C.; ALVES, R. R.; STRUIVING, T. B. Prevenção do escurecimento do pericarpo de lichia através do uso de ácidos e filmes. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. e, p. 519-527, 2011.

SOUZA, M. L.; MORGADO, C. M. A.; MARQUES, K. M.; MATTIUZ, C. F. M.; MATTIUZ, B. H. Pós-colheita de mangas 'tommy atkins' recobertas com quitosana. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. e., p. 337-343, 2011.

TAYLOR, J. E. **Exotics**. In: SEYMOUR, G. B.; TAYLOR, J. E.; TUCKER, G. A. **Biochemistry of fruit ripening**. Cambridge: Chapman & Hall, 1993. p.151-187.

TURRA, S.; MAZARO, S. M.; CITADIN, I.; GOUVEA, A.; GUIMARÃES, S. S. Pós-colheita de frutos de araçá-vermelho (*Psidium cattleya bunsabine*) após a aplicação de quitosana. In: **Seminário sistemas de produção agropecuária**, I, 2007, Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

UNDERHILL, S. J. R.; CRITCHLEY, C. The physiology and anatomy of lychee (*Litchi chinensis* Sonn.) pericarp during fruit development. **Journal of Horticultural Science**, Ashford, v. 67, n. 3, p. 437-444, 1992.

UNDERHILL, S.J. R.; CRITCHLEY, C. Physiological, biochemical and anatomical changes in lychee (*Litchi chinensis* Sonn.) pericarp during storage. **Journal of Horticultural Science**, Ashford, v. 68, n. 3, p. 327-335, 1993.

UNDERHILL, S. J. R.; SIMONS, D. H. Lychee (*Litchi chinensis* Sonn) pericarp desiccation and the importance of postharvest micro-cracking. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 54, p. 287–294, 1993.

UNDERHILL, S. J. R.; CRITCHLEY, C. Cellular localization of polyphenol oxidase and peroxidase activity in *Litchi chinensis* Sonn. Pericarp. Lychee pericarp

browning caused by heat injury. **Journal of Plant Physiology**, Australian, v. 22, p. 627-632, 1995.

VARGAS, M; ALBORS, A; CHIRALT, A; GONZÁLEZ-MARTÍNEZ, C. Quality of coldstored strawberries as affected by chitosan–oleic acid edible coatings. **Postharvest Biology and Technology**, v. 41, p.164–171, 2006.

VIEIRA, M. L. G.; DOTTO, G. L.; PINTO, L. A. A. Uso de quitosana com diferentes massas moleculares como filmes microbiológicos no recobrimento de mamões-papaia. *In: VIII Congresso Brasileiro de Engenharia Química em Iniciação Científica. 27 a 30 de julho de 2009 Uberlândia, Minas Gerais, Brasil. Anais...*

ZAUBERMAN, G.; RONEN, R.; AKERMAN, M.; WEKSLER, A.; ROT, I.; FUCHS, Y. Post-harvest retention of the red colour of litchi pericarp. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v.47, p. 89–97, 1991.

ZHANG, D.; QUANTICK, C. *Effect of chitosan coating on enzymatic browning and decay during postharvest storage of litchi (Litchi chinensis Sonn.) fruit.* **Postharvest Biology Technology**, Amsterdam, v. 12, p. 195–202. 1997.

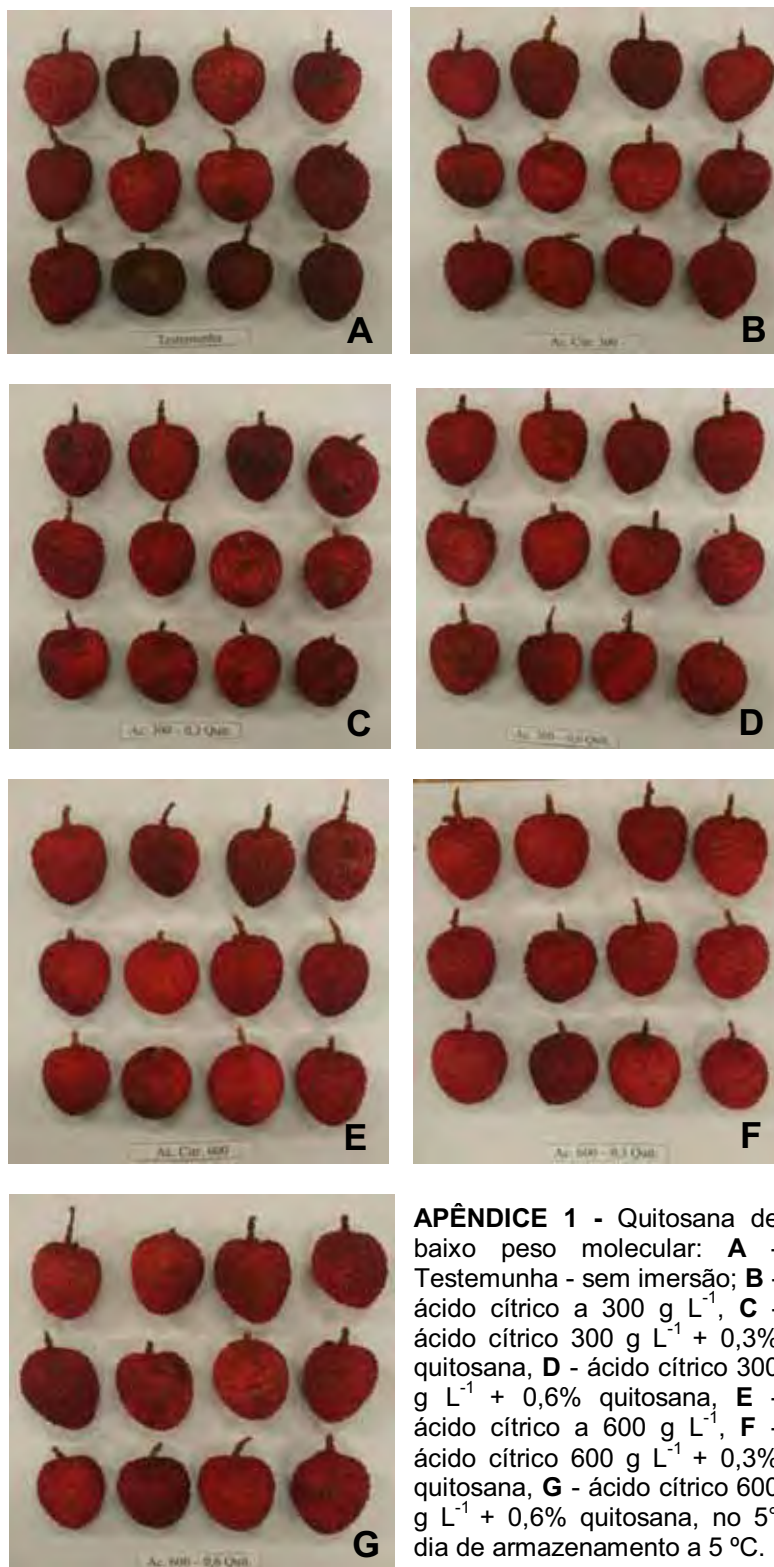
ZHANG, D. L.; GRIGOR, J. M.; QUANTICK, P. C. Changes in phenolic compounds in litchi (*Litchi chinensis* Sonn.) fruit during postharvest storage. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 19, p. 165–172, 2000.

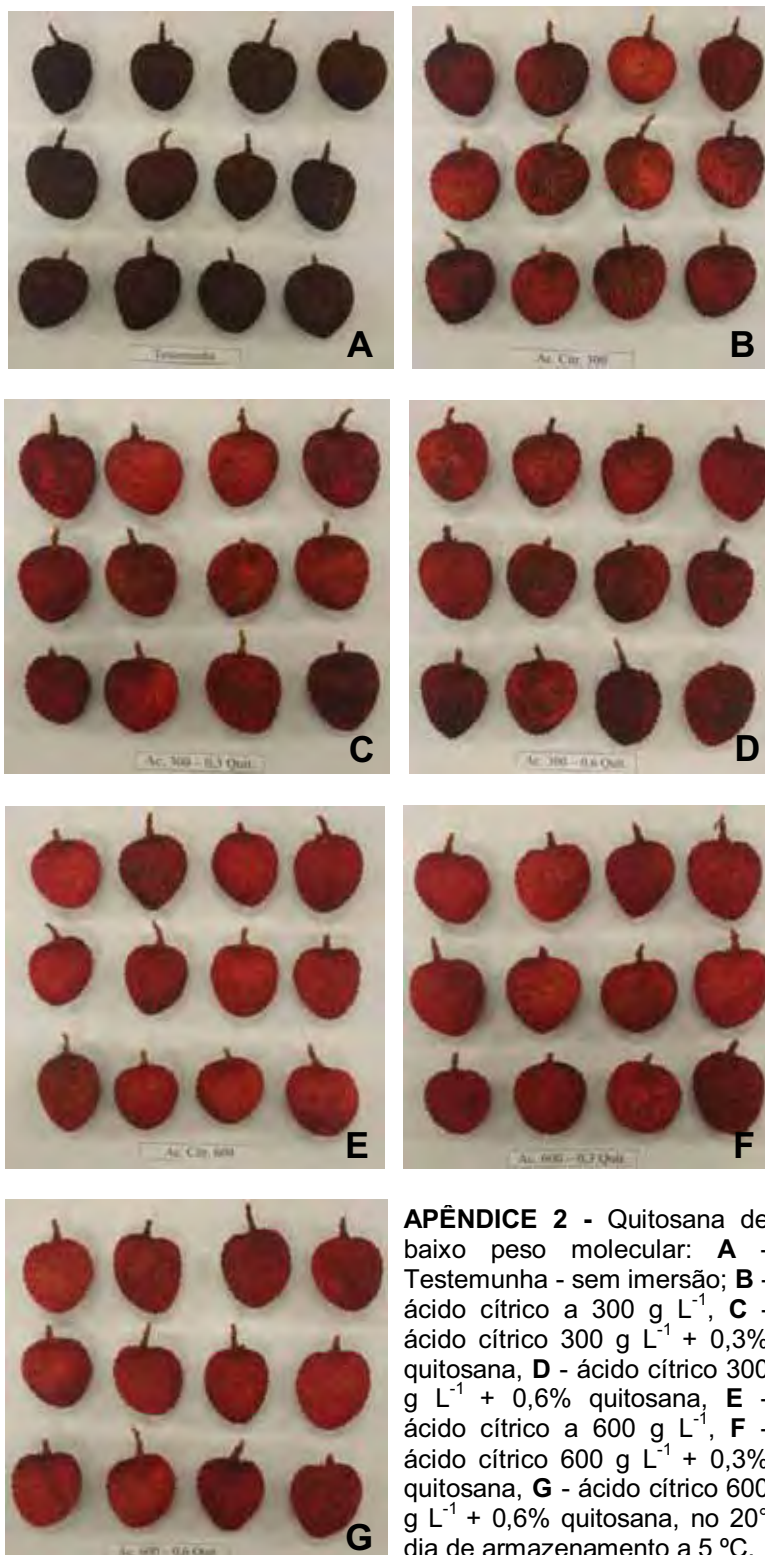
ZHANG, Z.; XUEQUN, P.; YANG, C.; JI, Z.; JING, Y. Purification and structural analysis of anthocyanins from litchi pericarp. **Food Chemistry**, v. 84, n. 4, p. 601-604, 2004.

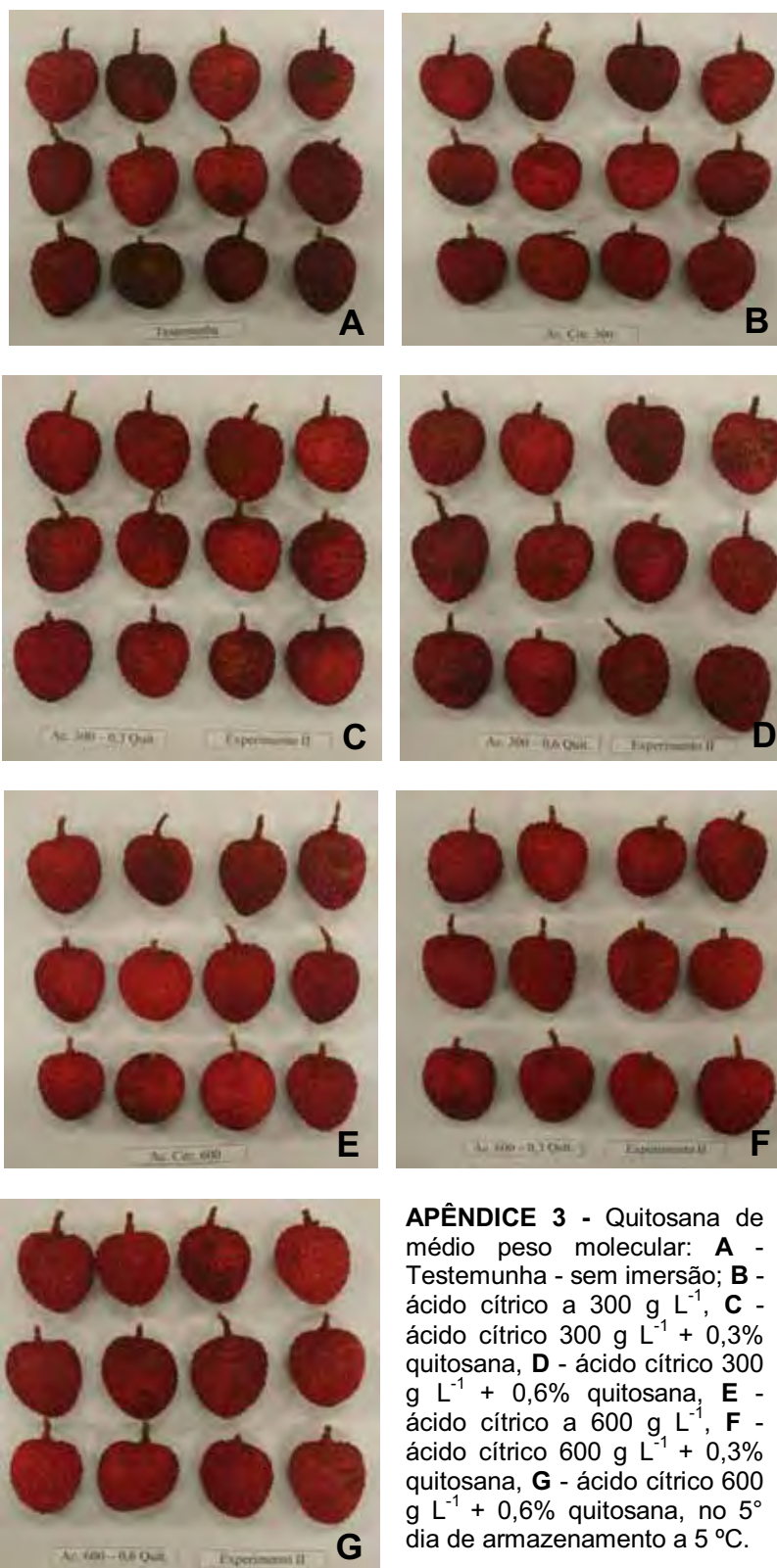
ZHANG, Z.; PANG, X.; XUEWU, D.; JI, Z.; JIANG, Y. Role of peroxidase in anthocyanin degradation in litchi fruit pericarp. **Food Chemistry**, Kidlington, v. 90, p. 47–52, 2005.

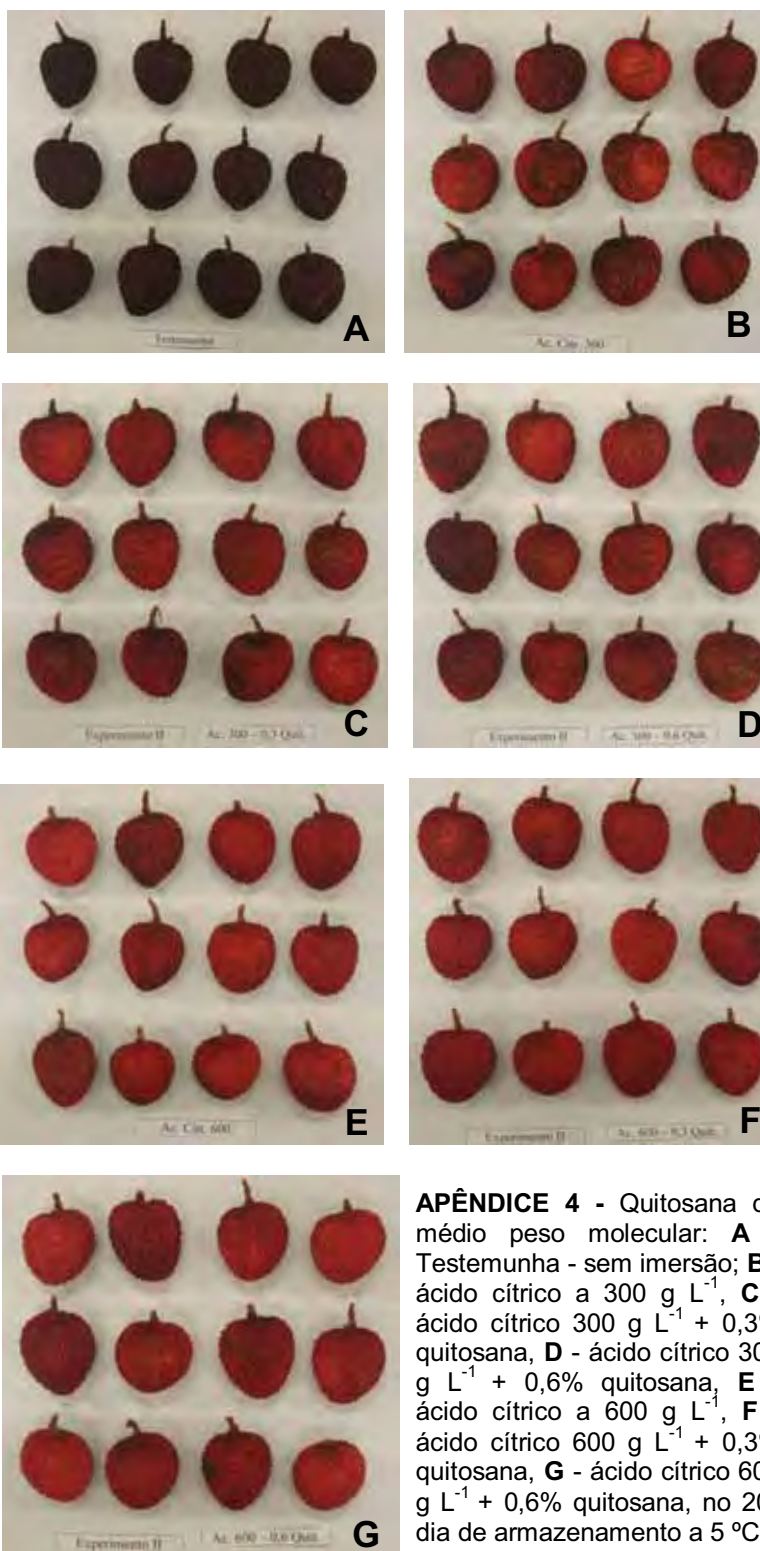
WALL, M. M. Ascorbic acid and mineral composition of longan (*Dimocarpus longan*), lychee (*Litchi chinensis*) and rambutan (*Nephelium lappaceum*) cultivars grown in Hawaii. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 19, n. 6-7, set-nov, p. 655-663, 2006.

APÊNDICE









APÊNDICE 4 - Quitosana de médio peso molecular: **A** - Testemunha - sem imersão; **B** - ácido cítrico a 300 g L^{-1} , **C** - ácido cítrico $300 \text{ g L}^{-1} + 0,3\%$ quitosana, **D** - ácido cítrico $300 \text{ g L}^{-1} + 0,6\%$ quitosana, **E** - ácido cítrico a 600 g L^{-1} , **F** - ácido cítrico $600 \text{ g L}^{-1} + 0,3\%$ quitosana, **G** - ácido cítrico $600 \text{ g L}^{-1} + 0,6\%$ quitosana, no 20º dia de armazenamento a $5 \text{ }^{\circ}\text{C}$.