LICHIA: QUALIDADE E CONTROLE DO ESCURECIMENTO

RAFAELLA ARAÚJO ZAMBALDI LIMA

2009

Livros Grátis

http://www.livrosgratis.com.br

Milhares de livros grátis para download.

RAFAELLA ARAÚJO ZAMBALDI LIMA

LICHIA: QUALIDADE E CONTROLE DO ESCURECIMENTO

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agroquímica, para a obtenção do título de "Mestre".

Orientadora

Profa. Dra. Celeste Maria Patto de Abreu

LAVRAS
MINAS GERAIS - BRASIL
2009

Ficha Catalográfica Preparada pela Divisão de Processos Técnicos da Biblioteca Central da UFLA

Lima, Rafaella Araújo Zambaldi.
Lichia: qualidade e controle do escurecimento / Rafaella Araújo Zambaldi Lima. – Lavras : UFLA, 2009.
68 p. : il.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Lavras, 2009.
Orientador: Celeste Maria Patto de Abreu.
Bibliografia.

1. Lichia. 2. Escurecimento. 3. Qualidade. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD – 634.6

RAFAELLA ARAÚJO ZAMBALDI LIMA

LICHIA: QUALIDADE E CONTROLE DO ESCURECIMENTO

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agroquímica para a obtenção do título de "Mestre".

APROVADA em 26 de fevereiro de 2009

Prof. Dr. Custódio Donizete dos Santos UFLA

Prof. Dr. Luiz Carlos de Oliveira Lima UFLA

Profa. Dra. Celeste Maria Patto de Abreu
UFLA
(Orientadora)

LAVRAS
MINAS GERAIS - BRASIL

A Deus, pela força e amparo nas horas difíceis.

A minha família,

Paulo e Magali,
pela confiança, amor e exemplo.

Graziella e Ludimilla,
pela companhia e apoio.

Leonardo,
pela compreensão, divisão dos momentos difíceis e carinho.

DEDICO.

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Lavras e ao Departamento de Química, pela oportunidade de realização do mestrado.

À Capes, pela concessão da bolsa de estudos.

À professora Celeste Maria Patto de Abreu, pela orientação e dedicação.

Aos professores Angelita Duarte Corrêa e Custódio Donizete dos Santos, pela coorientação.

Ao professor Luiz Carlos de Oliveira Lima, pelas contribuições.

A Xulita, por toda ajuda e amizade.

A Simone, pela ajuda fundamental durante todo o curso e pela amizade.

Às amigas de laboratório, Gislaine, Luciana e Maria Cristina, pela companhia e contribuição.

SUMÁRIO

Página

LISTA DE FIGURAS i

RESUMO iv

ABSTRACT v

1 INTRODUÇÃO 1

2 REFERENCIAL TEÓRICO 3

2.1 Aspectos gerais 3

2.2 Produção 4

2.3 Características da cultivar Bengal 5

2.4 Pós-colheita 5

2.5 Antocianina 6

2.6 Escurecimento do pericarpo 9

2.7 Polifenoloxidase (PPO) 10

2.8 Peroxidase (POD) 12

2.9 Armazenamento 13

2.10 Qualidade da polpa 16

3 MATERIAL E MÉTODOS 21

3.1 Material 21

3.2 Preparo do material e instalação do experimento 21

3.3 Delineamento experimental e estatístico 22

3.4 Análises realizadas no fruto inteiro 23

3.4.1 Perda de massa 23

3.4.2 Escurecimento visual da casca 23

3.4.3 Cor 23

3.5 Análises realizadas na casca 24

3.5.1 pH 24

3.5.2 Determinação do conteúdo de antocianina 24

3.5.3 Extração da peroxidase e polifenoloxidase 24
3.5.4 Determinação da atividade da peroxidase e polifenoloxidase 25
3.6 Análises realizadas na polpa 25
3.6.1 Sólidos solúveis totais (SS) 25
3.6.2 Acidez titulável (AT) 26
3.6.3 pH 26
3.6.4 Determinação do teor de ácido ascórbico 26
3.6.5 Determinação de fenólicos totais 26
3.6.6 Determinação de açúcares solúveis totais, açúcares redutores e sacarose .. 26
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO 28
4.1 Análises realizadas no fruto inteiro 28
4.1.1 Perda de massa 28
4.1.2 Escurecimento visual do pericarpo 29
4.1.3 Cor 32
4.2 Análises realizadas na casca do fruto 37
4.2.1 pH 37
4.2.2 Antocianina 38
4.2.3 Polifenoloxidase (PPO) 40
4.2.4 Peroxidase (POD) 42
4.3 Análises realizadas na polpa 43
4.3.1 Acidez titulável 43
4.3.2 Açúcares solúveis totais, açúcares redutores e sacarose 44
4.3.3 Sólidos solúveis 48
4.3.4 Ácido ascórbico, pH e fenólicos totais 50
5 CONCLUSÕES 54
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 55
ANEXOS 65

LISTA DE FIGURAS

Página

FIGURA 1 Estrutura química das antocianinas.....7

FIGURA 2 Esquema proposto para o escurecimento enzimático da casca de lichias após a colheita.....10

FIGURA 3 Mecanismos de ação enzimática da polifenoloxidase (PPO).....11

FIGURA 4 Padrão CIE L*a*b* e L*C*h.....19

FIGURA 5 Valores de perda de massa de lichias submetidas aos diferentes tratamentos C – controle, F – filme, FP – filme perfurado e FM – fécula de mandioca, durante seis dias de armazenamento à temperatura ambiente.....29

FIGURA 6 Valores do escurecimento visual da casca de lichias submetidas aos diferentes tratamentos C – controle, F – filme, FP – filme perfurado e FM – fécula de mandioca, durante seis dias de armazenamento, à temperatura ambiente.....30

FIGURA 7 Aparência de lichias submetidas aos tratamentos C- controle; F - filme, FP- filme perfurado; FM - fécula de mandioca, durante o armazenamento à temperatura ambiente.....31

FIGURA 8 Valores do parâmetro de cor L* da casca de lichias submetidas aos diferentes tratamentos C – controle, F – filme, FP – filme perfurado e FM – fécula de mandioca, durante seis dias de armazenamento, à temperatura ambiente.....34

FIGURA 9 Valores do parâmetro de cor a* da casca de lichias submetidas aos diferentes tratamentos C – controle, F – filme, FP – filme perfurado e FM – fécula de mandioca, durante seis dias de armazenamento, à temperatura ambiente.....35

FIGURA 10 Valores do parâmetro de cor croma da casca de lichias submetidas aos diferentes tratamentos C – controle, F – filme, FP – filme

perfurado e FM – fécula de mandioca, durante seis dias de armazenamento, à temperatura ambiente.....36
FIGURA 11 Aparência de lichias do tratamento F, no quarto dia de armazenamento.....36
FIGURA 12 Valores de pH da casca de lichias durante seis dias de armazenamento, à temperatura ambiente.....38
FIGURA 13 Valores de antocianina da casca de lichias submetidas aos diferentes tratamentos C – controle, F – filme, FP – filme perfurado e FM – fécula de mandioca, durante seis dias de armazenamento à temperatura ambiente.....39
FIGURA 14 Valores de atividade da polifenoloxidase da casca de lichias submetidas aos diferentes tratamentos C – controle, F – filme, FP – filme perfurado e FM – fécula de mandioca, durante seis dias de armazenamento, à temperatura ambiente. 41
FIGURA 15 Valores de atividade da peroxidase da casca de lichias submetidas aos diferentes tratamentos C – controle, F – filme, FP – filme perfurado e FM – fécula de mandioca, durante seis dias de armazenamento, à temperatura ambiente.....42
FIGURA 16 Valores de acidez titulável da polpa de lichias durante seis dias de armazenamento, à temperatura ambiente.....44
FIGURA 17 Valores de açúcares totais da polpa de lichias durante seis dias de armazenamento, à temperatura ambiente.....45
FIGURA 18 Valores de açúcares redutores da polpa de lichias submetidas aos diferentes tratamentos C – controle, F – filme, FP – filme perfurado e FM – fécula de mandioca, durante seis dias de armazenamento, à temperatura ambiente.....47
FIGURA 19 Valores de sacarose da polpa de lichias submetidas aos diferentes tratamentos C – controle, F – filme, FP – filme perfurado e FM

– fécula de mandioca, durante seis dias de armazenamento à temperatura ambiente.....48
FIGURA 20 Valores de sólidos solúveis da polpa de lichias durante seis dias de armazenamento, à temperatura ambiente.....49
FIGURA 21 Valores de ácido ascórbico da polpa de lichias submetidas aos diferentes tratamentos C – controle, F – filme, FP – filme perfurado e FM – fécula de mandioca, durante seis dias de armazenamento, à temperatura ambiente.....51
FIGURA 22 Valores de pH da polpa de lichias submetidas aos diferentes tratamentos C – controle, F – filme, FP – filme perfurado e FM – fécula de mandioca, durante seis dias de armazenamento, à temperatura ambiente..... 52
FIGURA 23 Valores de fenólicos totais da polpa de lichias submetidas aos diferentes tratamentos C – controle, F – filme, FP – filme perfurado e FM – fécula de mandioca, durante seis dias de armazenamento, à temperatura ambiente.....53

RESUMO

LIMA, Rafaella Araújo Zambaldi. **Lichia:** qualidade e controle do escurecimento. 2009. 68 p. Dissertação (Mestrado em Agroquímica) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.*

A lichia é um fruto subtropical de alto potencial comercial, devido ao seu sabor levemente acidificado, excelente aroma, alto valor nutritivo e atrativa cor vermelha da casca. Todavia, após colhida, a casca da lichia perde rapidamente sua cor vermelha. O escurecimento da casca tem sido atribuído à rápida degradação da antocianina. Dada essa alta perecibilidade, o controle do escurecimento é fundamental para o aumento na vida útil pós-colheita, visando ao mercado interno e à exportação de frutas. Avaliou-se o comportamento pós-colheita de lichias quanto ao escurecimento da casca e às modificações relacionadas com a qualidade da polpa de frutos submetidos a diferentes embalagens: bandeja recoberta com filme de polietileno de baixa densidade com e sem perfurações e frutos recobertos com película de fécula de mandioca (3%). Os frutos foram mantidos em temperatura ambiente (25,1ºC±1,5ºC; 69,3%±8,62%UR) e armazenados por seis dias. Foram realizadas análises físicas, químicas e bioquímicas, no dia 0 e a cada 2 dias, até o sexto dia de armazenamento. A embalagem recoberta com filme de polietileno perfurado mostrou-se eficiente na conservação da cor vermelha da casca de lichias durante seis dias de armazenamento, em temperatura ambiente, sem alterar os parâmetros nutricionais analisados na polpa.

*Comitê orientador: Dra. Celeste Maria Patto de Abreu – UFLA (Orientadora), Dra. Angelita Duarte Corrêa – UFLA, Dr. Custódio Donizete dos Santos – UFLA (co-orientadores).

ABSTRACT

LIMA, Rafaella Araújo Zambaldi. **Litchi**: quality and browning control. 2009. 68 p. Dissertation (Master in Agrochemistry) – Federal University of Lavras, Lavras, MG.*

Litchi is a subtropical fruit of high commercial value, due to its characteristic sweet acidic taste, excellent aroma, high nutritive value and attractive deep bright red color of its peel. However, harvested litchi fruit rapidly lose its bright red skin colour. Peel browning of harvested litchi has largely been attributed to the rapid degradation of the anthocyanin pigments. Due to it high perishibility, browning control is a fundamental process to the increase of post-harvest useful life aiming the home market and fruit exportation. This study evaluated the postharvest behavior of litchi fruits regarding pericarp browning and changes on litchi fruits pulp quality when applied differents packings: plastic trays covered with plastic film or hole plastic film and fruits covered with cassava starch film (3%). Litchi fruits were stored for six days at room temperature (25,1ºC±1,5; 69,3%UR). Physical, chemical and biochemical analyses were performed on day 0 and on every two days till the end of the storage period. Packing covered with hole plastic film maintained the deep bright red color of litchi fruit peel during the six days of storage, on room temperature, whitout pulp nutritive value alteration.

*Guidance Committee: Dra. Celeste Maria Patto de Abreu – UFLA (Adviser), Dra. Angelita Duarte Corrêa – UFLA, Dr. Custódio Donizete dos Santos – UFLA.

1 INTRODUÇÃO

A lichia (*Litchi chinensis* Sonn.), um fruto tropical originário da China, possui um pericarpo vermelho brilhante atrativo que envolve uma polpa translúcida de grande valor nutritivo. Além da importância nutritiva, a lichia vem, nos últimos anos, adquirindo grande destaque comercial, sendo uma boa alternativa financeira para os problemas que ocorrem com as culturas tradicionais.

O grande atrativo deste fruto é a coloração vermelha da casca, um dos mais importantes aspectos de qualidade. Porém, a lichia apresenta um problema pós-colheita: a casca torna-se escura de 2 a 3 dias após ter sido colhida, prejudicando sua comercialização. Mesmo causando pouca alteração na qualidade da polpa, o escurecimento prejudica a aparência do fruto, requisito fundamental de qualidade na aquisição de um produto pelo consumidor, além do mercado internacional, como o europeu, ser exigente quanto às importações de lichia.

O pigmento responsável pela atrativa cor vermelha é a antocianina, que é normalmente instável, especialmente quando a hidrólise da molécula libera a antocianidina livre, um processo que ocorre enzimaticamente em produtos vegetais após a colheita. As antocianidinas são prontamente oxidáveis por enzimas presentes no tecido vegetal, como as fenoloxidases e as peroxidases, produzindo compostos marrons (Simpson et al., 1976).

O escurecimento enzimático em tecido vegetal é causado, principalmente, pela oxidação de fenóis endógenos e a subsequente polimerização não-enzimática da *o*-quinona, formando pigmentos escuros denominados melaninas (Francis, 1989).

Com a perda de água dos frutos, durante o armazenamento, há uma descompartimentalização das células, promovendo o contato das enzimas e seus substratos, causando reações indesejáveis, como no caso do escurecimento da casca da lichia. Portanto, procedimentos capazes de diminuir a perda de massa dos frutos e minimizar ou evitar o contato do fruto com o oxigênio são úteis na prevenção do escurecimento.

Este trabalho foi desenvolvido com objetivo de avaliar o efeito de atmosferas modificadas no escurecimento e na manutenção da qualidade de lichias armazenadas, por seis dias, em temperatura ambiente, pela realização de análises químicas de compostos envolvidos na qualidade da polpa e análises químicas e bioquímicas de compostos responsáveis pelo escurecimento da casca.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Aspectos gerais

A lichieira é uma planta de grande porte, pertencente à família *Sapindaceae*, nativa da China subtropical, onde é conhecida há mais de 3.000 anos. Para a cultura chinesa, a lichia tem grande valor tradicional, pois, antigamente, eram utilizadas como presentes imperiais (Groff, 1921).

A lichia é cultivada comercialmente em vários países, como China, Taiwan, Índia, Estados Unidos e Brasil, entre outros (Taylor, 1993; Tindall, 1994).

Sua distribuição comercial iniciou-se no final do século XVII. Apesar de sua distribuição pelo mundo ter se iniciado há mais de 130 anos, no ocidente, seu cultivo é relativamente recente (Martins et al., 2001). O estabelecimento de plantações comerciais no Brasil ocorreu nas décadas de 1970 e 1980, com concentrações no interior do estado de São Paulo (Yamanishi et al., 2001).

A árvore tem altura entre 10 e 15m e apresenta tendência de desenvolver ramos direcionados para o solo. A produção se inicia entre o terceiro e quinto ano, para mudas propagadas vegetativamente e após 10 anos, em plantas obtidas por semente. A inflorescência é em panícula (Lorenzi et al., 2006). O fruto da lichieira é uma drupa, com tamanho aproximado de uma ameixa. Sua parte comestível, denominada arilo (polpa), é translúcida, normalmente oval (Paull et al., 1998) e uma boa fonte de vitamina C e minerais, particularmente cálcio e fósforo (Singh & Srivastava, 1987).

A casca é vermelha, brilhante (fruto maduro), delgada, coriácea e quebradiça (Vieira et al., 1996). A estrutura do pericarpo (casca) consiste de exocarpo, mesocarpo e endocarpo. A lichia possui apenas uma semente, que varia em tamanho e forma, de acordo com a cultivar.

A curva de crescimento do fruto é sigmoidal. Inicialmente, a semente e o pericarpo se desenvolvem simultaneamente, seguido pelo crescimento lento da polpa. Em média, o fruto maduro pesa 20-35g, do qual 70%-75% são polpa, 14%-16% casca e 11%-14% semente (Paull & Chen, 1987, Vieira et al., 1996). O fruto é classificado como não climatérico. Akamine & Goo (1973) monitoraram o fruto durante o desenvolvimento e verificaram um contínuo declínio na respiração e produção de etileno.

2.2 Produção

A lichieira encontra-se distribuída em diferentes áreas subtropicais e tropicais do mundo. A produção mundial é cerca de 2 milhões de toneladas por ano, sendo que os maiores produtores são: China, Índia, Tailândia, Vietnã e Nepal. O preço por quilo do fruto, em geral, varia de US$1,5 a US$3,0. Com exceção de cultivares com frutos de sementes pequenas e alta qualidade como No Mai Che e Kwai May, em que o valor pode chegar a US$10,00/kg (Menzel, 2002).

A China é conhecida como uma das maiores e mais antiga produtora de lichia. O Brasil possui baixa produção, mas com grande potencial para aumentá-la (Menzel, 2001; Menzel, 2002). A maior parte da produção é consumida como fruta fresca, aproximadamente 30% utilizada como fruta desidratada e uma porcentagem menor para processamento (Chen & Huang, 2001; Menzel, 2002). As produções das lichieiras são variáveis de um ano para o outro, em função das cultivares, condições ambientais e práticas de manejo. A produção de uma planta com 5 anos pode variar de 20 a 70kg e chegar até 150kg de frutos após 15 anos de idade. Quanto à produção por hectare, a variação média é de 1,3 a 5,3t, mas existem citações de até 10t por hectare (Menzel, 2002).

O cultivo da lichieira tem despertado grande interesse por parte dos produtores, constituindo-se uma alternativa econômica às culturas tradicionais, devido, principalmente, à alta rentabilidade no mercado interno e externo.

No Brasil a produção ainda é muito limitada mas, segundo Yamanishi (2001), se a produção aumentar, a lichia poderá se popularizar e até conquistar novos mercados. Apesar da alta produção da China (1,5milhão t/ano), os chineses são considerados potenciais compradores do Brasil, já que as épocas de colheita não coincidem. No Brasil, a cultivar mais plantada é a Bengal, considerada precoce.

2.3 Características da cultivar Bengal

A cultivar Bengal é originária da Índia. Sua época de produção é considerada precoce, com época de colheita entre final de novembro e final de dezembro. Os frutos são grandes (23-27g), dispostos em grandes cachos que podem chegar a 50 frutos (Chen & Huang, 2001). Quando maduros, os frutos apresentam cor vermelha intensa, que os tornam muito atrativos. A casca é grossa e muito áspera. O formato do fruto pode variar de ovoide a cordiforme. A polpa é macia, doce e moderadamente suculenta. A porcentagem de polpa dos frutos é de cerca de 56%, indicando a presença de semente relativamente grande (Menzel, 2002).

2.4 Pós-colheita

Os frutos de lichia são muito perecíveis e a manutenção de sua cor é o maior problema no armazenamento e no transporte por períodos prolongados (Zhang et al., 2000). O escurecimento da casca afeta o valor comercial da fruta, tornando-a sem valor comercial nos mercados da Europa e da América do Norte (Joubert, 1986).

As perdas de lichias pós-colheita são estimadas em 20% a 30% dos frutos e pode ser maior que 50% até chegar ao consumidor final (Jiang et al., 2001). O pericarpo possui baixa capacidade de preservação da umidade e pode ser facilmente danificado (Peng & Lin, 1999).

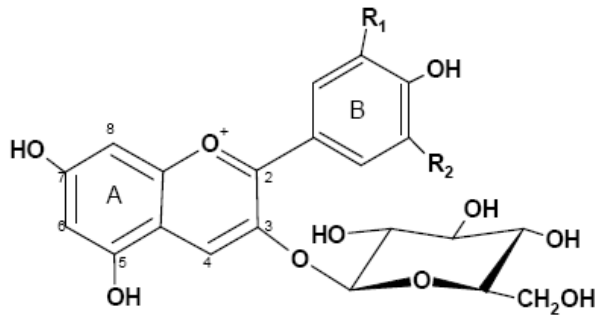
2.5 Antocianina

A antocianina é o pigmento mais importante da lichia. Ela caracteriza a coloração vermelha atraente da fruta e é sintetizada no pericarpo por volta dos 60 aos 80 dias após a antese, coincidindo com a degradação da clorofila. Este pigmento localiza-se no vacúolo das células do pericarpo da lichia.

As antocianinas fazem parte do grupo dos flavonoides, compostos fenólicos caracterizados pelo núcleo básico flavílio (cátion 2-fenilbenzopirílio), que consiste de dois anéis aromáticos unidos por uma unidade de três carbonos e condensados por um oxigênio. A molécula de antocianina é constituída por duas ou três porções, uma aglicona (antocianidina), um grupo de açúcares e, frequentemente, um grupo de ácidos orgânicos (Francis, 1989).

As antocianinas são derivados glicosídeos que possuem açúcares em certas posições de sua estrutura (Figura 1). Sem seus açúcares, as antocianinas são conhecidas como antocianidinas, sendo denominadas pelargonidina, cianidina, delfinidina, peonidina, petunidina e malvidina. Cada uma determina uma tonalidade própria e elas diferenciam-se quanto à quantidade e à posição de hidroxilas em sua estrutura (Taiz & Zeiger, 1999).

A estrutura da antocianina é influenciada por vários fatores, como o pH, a temperatura, a luz, a presença de oxigênio, a degradação enzimática e as interações entre os componentes dos alimentos, tais como o ácido ascórbico, íons metálicos, açúcares e copigmentos (Francis, 1989).



Aglicona (Estrutura do anel B)	Substituição glicosídica (substituição nas posições 3 e 5)	Acilação (esterificação das hidroxilas do açúcar)
$R_1 = R_2 = H$	Pelargonidina	
$R_1 = OH$, $R_2 = H$	Cianidina	
$R_1 = R_2 = OH$	Delfinidina	
$R_1 = OCH_3$, $R_2 = H$	Peonidina	
$R_1 = OCH_3$, $R_2 = OH$	Petunidina	
$R_1 = R_2 = OCH_3$	Malvidina	

FIGURA 1 Estrutura química das antocianinas (Malacrida & Motta, 2006).

O pH exerce profunda influência na cor das antocianinas, assim como na sua estabilidade, sendo mais estáveis em soluções ácidas do que neutras e alcalinas (Markakis, 1982). Já o oxigênio pode causar degradação das antocianinas por mecanismos de oxidação direta ou indireta, quando constituintes oxidados do meio reagem com as antocianinas (Jackman & Smith, 1996). O peróxido de hidrogênio (H_2O_2), formado pela oxidação do ácido ascórbico na presença de oxigênio e íons cobre, causa descoloração das antocianinas. Tal fato leva a crer que a degradação das antocianinas nessas condições seja mediada pelo H_2O_2. Outra alternativa para explicar sua degradação é a ocorrência da reação de condensação entre o ácido ascórbico e a antocianina, formando produtos instáveis que se degradam em compostos incolores (Markakis, 1982).

As antocianinas também podem ser degradadas por enzimas endógenas presentes nos tecidos das plantas, tais como glicosidases, polifenoloxidase e peroxidase. As polifenoloxidases atuam pelo mecanismo de oxidação, utilizando como substrato *o*-dihidroxifenóis. As *o*-quinonas resultantes podem reagir entre si e formar polímeros escuros (melaninas). As fenolases podem reagir diretamente com as antocianinas, embora a reação seja mais favorecida quando outros fenólicos (que são melhores substratos para essa enzima) estão presentes (Francis, 1989).

Duan et al. (2007) avaliaram a antocianina do pericarpo de lichia no dia da colheita e encontraram valores médios de $0{,}2 mg.g^{-1}$ de massa fresca. Cianidina-3-glicosídeo, cianidina-3-rutinisídeo, malvidina-3-glicosídeo e quercentina-3-rutinosídeo foram identificados com a maioria dos pigmentos de antocianina, com a cianidina-3-glucosídeo sendo o mais abundante pigmento da lichia (Zhang et al., 2004; Sarni-Machado et al., 2000).

No armazenamento de lichias, as concentrações dos pigmentos de antocianina vão decrescendo com o tempo. Mais de 42% do conteúdo total de antocianinas são perdidos após 48 horas de armazenamento (Lee & Wicker, 1991; Finger et al., 1997). Há um declínio gradual de antocianinas da casca, sendo este menos intenso em frutos embalados em sacos de polietileno (Paull & Chen, 1987).

Jiang, em 2000, reportou que a polifenoloxidase da lichia não pode oxidar a antocianina, mas a antocianina pode ser degradada rapidamente no sistema antocianina-polifenoloxidase-fenol e isto sugere que, talvez, a presença do grupamento açúcar cause impedimento estérico. Sabendo que as antocianinas são instáveis, elas podem ser degradadas enzimaticamente ou não enzimaticamente. Simpson et al. (1976) propuseram dois possíveis mecanismos para a degradação não enzimática da antocianina: pela hidrólise das ligações

glicosídicas produzindo a aglicona, que é muito instável e por abertura hidrolítica do anel pirilium para formar uma chalcona substituta.

2.6 Escurecimento do pericarpo

O maior problema pós-colheita da lichia é o escurecimento do pericarpo. O escurecimento pode ser causado por diferentes formas de estresse, como as condições climáticas adversas, antes da maturação do fruto (Sharma & Ray, 1987), doenças (Huang & Scott, 1985), desidratação (Scott et al., 1982), senescência do fruto e injúrias mecânicas ou provocadas pelo calor (Wong et al., 1991).

O fruto, quando colhido, perde água rapidamente, apesar da espessa casca e dos poucos estômatos e lenticelas presentes. Micrografias eletrônicas mostram a ocorrência de rachaduras no pericarpo logo após 12 horas, permitindo a rápida desidratação (Holcroft & Mitcham, 1996). O escurecimento do tecido do fruto é devido ao colapso celular, conduzindo o contato de enzima e substratos, que resulta na oxidação enzimática dos substratos incolores, na presença de oxigênio, resultando em produtos de cor escura (Ju & Zhu, 1988). Na Figura 2 está ilustrado o mecanismo de escurecimento da casca.

Joubert & Lelyveld (1975) descobriram que as células do mesocarpo são as primeiras a se tornarem escuras, seguidas pelo epicarpo e endocarpo. Underhill & Critchley (1995) observaram o escurecimento inicial do pericarpo nas protuberâncias da casca, seguindo para todo o pericarpo.

O escurecimento tem sido atribuído à degradação da antocianina e à atividade das enzimas polifenoloxidases e peroxidase (Underhill, 1992). A deterioração na função da membrana pode resultar em perda da compartimentalização celular, colocando em contato as enzimas e seus substratos e, assim, pode provocar o escurecimento do pericarpo.

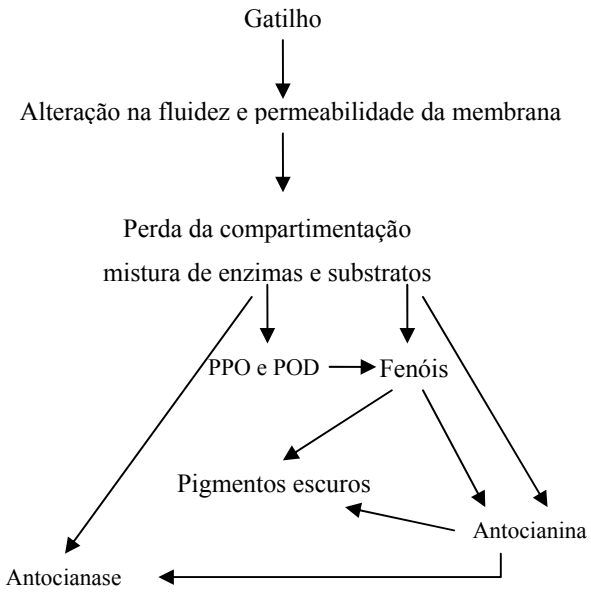


FIGURA 2 Esquema proposto para o escurecimento enzimático da casca de lichias após a colheita (Jiang et al., 2004).

2.7 Polifenoloxidase (PPO)

As enzimas têm papel importante no escurecimento do pericarpo de frutas. Em geral, a polifenoloxidase é considerada a enzima chave no escurecimento do pericarpo da lichia (Tang & Li, 1984).

O calor induz à atividade enzimática, causando um rápido aumento no escurecimento do pericarpo, completamente ligado ao decréscimo na concentração de antocianina (Taylor, 1993).

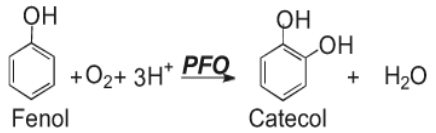
O escurecimento de frutas e de certos vegetais é iniciado pela oxidação enzimática de compostos fenólicos pelas polifenoloxidases. O produto inicial da oxidação é a quinona, que rapidamente se condensa, formando pigmentos escuros insolúveis, denominados melanina ou reage não-enzimaticamente com

outros compostos fenólicos, aminoácidos e proteínas, formando também melanina (Araújo, 1990).

As polifenoloxidases (*o*-difenol: oxigênio oxiredutases: EC 1.10.3.1) possuem uma série de nomes triviais provenientes de seu substrato preferencial, como tirosinase, cresolase, fenolase, ortodifenol oxidase e catecolase (Whitaker, 1972).

A enzima polifenoloxidase possui cobre (Cu++) no centro ativo e funciona como oxidases de função mista, catalisando dois diferentes tipos de reação que podem ser observados na Figura 3.

1) Monoxigenase, que atua na hidroxilação de monofenóis para diidroxifenóis:



2) Oxidase, que atua oxidando os difenóis para o-quinona:

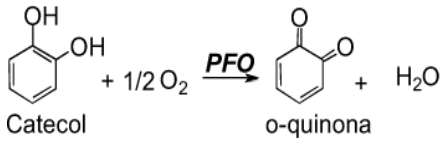


FIGURA 3 Mecanismos de ação enzimática da polifenoloxidase (PPO) (Araújo, 2004).

A formação de quinona é dependente do oxigênio e da enzima. Uma vez formadas, as reações subsequentes ocorrem espontaneamente, não dependendo mais da enzima nem do oxigênio. Em geral, a configuração química mais apropriada para a atividade da PPO é a estrutura o-diidroxilada, resultando em

reação mais rápida. Embora as ortoquinonas já sejam compostos coloridos (vermelho a marrom-avermelhado), a reação de escurecimento não para neste ponto. Estes compostos participam de rações secundárias, formando compostos com coloração mais escura (Eskin et al., 1971; Zhang et al., 2000).

2.8 Peroxidase (POD)

A peroxidase (doador: H_2O_2 oxiredutase, EC 1.11.1.7) é específica para aceptor de hidrogênio, em que somente H_2O_2, metil e etil peróxidos são ativos, porém, inespecífica para os doadores de hidrogênio, que podem ser fenóis, aminofenóis, diaminas, indofenóis, ascorbatos e muitos aminoácidos (Bergmeyer et al., 1974). A POD oxida fenóis na presença de peróxido de hidrogênio, segundo a equação abaixo:

$$ROOH + AH_2 \xrightarrow[POD]{} H_2O + ROH + A$$

sendo ROOH o H_2O_2 ou outro peróxido orgânico e AH_2 um doador de hidrogênio.

A POD está localizada, principalmente, na parede celular e nos vacúolos das células de plantas superiores. Além disso, foi observada a presença de POD também no retículo endoplasmático, complexo de Golgi e nas vesículas, tanto de células de plantas como de animais (Gaspar et al., 1982). Quanto à estrutura química, a POD é uma glicoproteína que apresenta resíduos de carboidratos e que contém ou requer o íon cálcio para a estabilidade estrutural e térmica (Huystee, 1987).

A relativa significância da atividade da PPO deixa em segundo plano a presença da POD, uma enzima oxidativa similar, encontrada no pericarpo da lichia (Jiang et al., 2004). Underhill & Critchley (1995) identificaram um aumento na atividade da POD durante o escurecimento do pericarpo. Gong &

Tian (2002) verificaram que a enzima pode oxidar rapidamente 4-metilcatecol na presença de H_2O_2 e, portanto, formar pigmentos poliméricos escuros.

A atividade da enzima diminui em pH baixo e pH elevado. A perda da atividade observada com a acidificação é atribuída a mudanças do estado nativo da enzima para a condição desnaturada, ocasionada pela liberação do grupo heme da proteína. Portanto, a alteração da atividade com o pH está relacionada com a mudança estrutural na molécula da enzima (Araújo, 1990).

2.9 Armazenamento

Para o prolongamento da vida útil da lichia são necessários métodos de prevenção do escurecimento da casca. A enzima polifenoloxidase requer oxigênio para iniciar a reação de escurecimento, portanto, procedimentos capazes de eliminar ou de evitar o contato do produto com o oxigênio, como a utilização de embalagens semipermeáveis, são úteis na prevenção do escurecimento e diminuem o ressecamento do pericarpo, causado pela desidratação (Araújo, 1990).

Bhullar et al. (1983) citam que frutos acondicionados em polietileno têm menor perda de peso que aqueles não tratados ou embalados em sacos de papel. Sacos de polietileno são conhecidos por ajudarem no prolongamento da vida de prateleira de frutos. O polietileno perfurado deve promover aeração e equilibrar a temperatura, o que cria melhores condições de armazenamento, porém, aumenta a evaporação da água, que pode reduzir o peso do fruto em mais de 10% (Fonseca et al., 2000).

A embalagem ideal é aquela que possibilita concentração de O_2 suficientemente baixa para retardar a respiração, porém, alta o suficiente para não condicionar fermentação. E, ainda, manter níveis de umidade relativa suficiente para manter a pressão de vapor de água e, dessa forma, controlar a

perda de água e, consequentemente, a perda de massa pelo fruto (Silva et al., 1999; Fonseca et al., 2000).

O sucesso do uso de atmosfera modificada é baseado nas propriedades específicas de permeação por O_2 e CO_2 de filmes formados por polímeros, gerando uma atmosfera que é apropriada para a vida pós-colheita de alguns produtos horticulturais (Pesis et al., 2002). Esta tecnologia apresenta três vantagens: ajuda reduzir o escurecimento, controla doenças pós-colheita e mantém a umidade alta para lichias mantidas no interior do filme plástico selado (Lemmer & Kugrer, 2000).

Outra alternativa para a manutenção da qualidade pós-colheita de frutas são os filmes comestíveis, películas de variadas espessuras, constituídas por diferentes substâncias naturais e/ou sintéticas que se polimerizam e isolam o alimento, sem riscos à saúde do consumidor, uma vez que não são metabolizados pelo organismo. Além disso, sua passagem pelo trato gastrintestinal ocorre de maneira inócua (Maia et al., 2000).

A utilização de películas comestíveis tem sido bastante explorada para revestimentos de frutas e hortaliças frescas, visando minimizar a perda de umidade e reduzir as taxas de respiração, além de conferir aparência brilhante e atraente (Azeredo, 2003). O uso de películas com esse propósito constitui vantagem econômica, evitando a necessidade de armazenamento em atmosfera controlada, que implicaria em custos operacionais e de equipamento. A função a ser desempenhada pelo filme depende do produto alimentício e, principalmente, do tipo de deterioração a que este produto está submetido (Maia et al., 2000).

Entre as propriedades funcionais dos filmes biodegradáveis podem ser mencionados o transporte de gases (oxigênio e gás carbônico) e de solutos, a retenção de compostos aromáticos e a incorporação de aditivos alimentícios, tais como nutrientes, aromas, pigmentos ou agentes antioxidantes e antimicrobianos (Palmu et al., 2005).

Segundo Azeredo (2003), espera-se mínima propriedade de barreira contra umidade nesses filmes, devido à sua natureza hidrofílica. Contudo, alguns podem retardar a perda de umidade de alguns alimentos, quando aplicados na forma de gel, que age como agente sacrificante, ou seja, a umidade do gel evapora antes da desidratação do alimento revestido. Estes biofilmes apresentam bom aspecto, não são pegajosos, são brilhantes e transparentes, melhorando o aspecto visual dos frutos. Como não são tóxicos, podem ser ingeridos juntamente com o produto protegido, sendo removidos com água e são considerados como um produto comercial de baixo custo (Cereda et al., 1992).

Entre as técnicas utilizadas para minimizar a perda pós-colheita do fruto, está a aplicação de fécula de mandioca gelatinizada que, quando desidratada, pode formar película semelhante à celulose em resistência e transparência, representando uma alternativa potencial a ser empregada na conservação de frutas e hortaliças (Cereda et al., 1995).

O amido extraído da mandioca apresenta boas características para formação de películas que, além de serem comestíveis, são de baixo custo quando comparadas às ceras comerciais. A obtenção de película de fécula de mandioca baseia-se no princípio da gelatinização do amido, que ocorre acima de 70ºC com excesso de água. Após resfriado, forma uma película transparente e resistente, devido às suas propriedades de retrogradação (Cereda et al., 1995; Nunes et al., 2004).

Vincentini et al. (1999) empregaram películas de fécula de mandioca em frutos de pimentão e observaram que a película, na concentração de 3%, mostrou redução na perda de peso de 1,03%, manteve a textura dos frutos e não alterou as propriedades químicas do produto. A concentração de 5%, também estudada, mostra a mesma eficiência que a de 3%, porém, com o incoveniente de desprender do fruto, comprometendo a aparência do produto.

Oliveira (1996) verificou, por meio de estudos, que a película de fécula

de mandioca proporcionou ótimo brilho a frutos de goiaba tratados. Os polissacarídeos formam películas com baixa permeabilidade a gases, reduzem a taxa de escurecimento enzimático, que consiste em diversas reações que ocorrem a partir de oxidação enzimática de compostos fenólicos pela ação de polifenoloxidases (Martinez & Whitaker, 1995).

2.10 Qualidade da polpa

A lichia possui alto valor nutricional, é rica em ácido ascórbico (50mg.100g^{-1} de polpa) e contém outras vitaminas e minerais (8mg de cálcio, 38mg de fósforo, 0,8mg de ferrro, 17mg de potássio, 0,02mg de vitamina B1, 0,05mg de vitamina B2 e 0,3mg de niacina (B3) em 100g de polpa, em média) importantes para dieta humana (Lorenzi et al., 2006).

A polpa da lichia possui paladar e aroma agradável e muito apreciado. O sabor, ou *flavor*, é tido como a união das sensações de gosto (doce, ácido, salgado e amargo) com sensações olfatórias (aromas), além das sensações táteis percebidas na boca (quente, frio, adstringente, etc.). Nos vegetais, o gosto doce advém dos carboidratos (glicose, frutose, sacarose), o gosto ácido é devido aos ácidos orgânicos (ácido málico, cítrico, tartárico, etc.), o salgado devido à presença de sais minerais e o amargo pela presença de alguns compostos, como, por exemplo, o tanino que confere também a sensação de adstringência. O aroma é ditado por milhares de compostos voláteis que conferem o aroma característico de cada vegetal (Pinheiro, 2007).

Os sólidos solúveis representam os compostos solúveis em água presentes no fruto, como açúcares, vitaminas, ácidos orgânicos, aminoácidos e algumas pectinas. O teor de sólidos solúveis é dependente do estádio de maturação no qual o fruto é colhido e aumenta durante o amadurecimento, pela biossíntese ou a degradação de polissacarídeos (Chitarra & Chitarra, 2005).

Segundo os mesmos autores, o teor de açúcares nos frutos, normalmente, constitui de 65% a 85% do teor de sólidos solúveis.

As características fisiológicas da polpa da lichia são utilizadas como padrão de maturação comercial. Nagar, em 1994, verificou que teor de sólidos solúveis totais da polpa aumentou com a maturação e ficou na faixa de 13º a 20ºBrix. A relação entre ºBrix, qualidade comestível e cor do pericarpo foi estudada por Gaur & Bajpai (1977), Paull et al. (1984) e Sharma & Ray (1987), e mostrou sofrer grande variação.

Um aumento no teor de sólidos solúveis e a presença de acidez na polpa de frutos de lichia determinam sabor agradável e boa palatabilidade aos frutos (Gaur & Bajpai, 1977).

Os açúcares encontrados em maiores quantidades na lichia madura são a sacarose, a frutose e a glicose (Paull et al., 1984), com valores variando entre 10 a $20g.100g^{-1}$ de polpa fresca (Nagar, 1994). Diferenças nas proporções dos açúcares são o resultado das diferenças nas atividades da invertase, estádio de maturação e cultivares.

A acidez de um fruto é dada pela presença dos ácidos orgânicos. Os mesmos servem de substrato para a respiração, sendo fundamentais na síntese de compostos fenólicos, lipídeos e aromas voláteis. Os ácidos são encontrados nos vacúolos das células na forma livre e/ou combinados com sais, ésteres e glicosídeos (Chitarra & Chitarra, 2005).

Quando a lichia está madura, o ácido málico corresponde a 80% do total dos ácidos; os 20% restantes são compostos pelos ácidos cítricos, succínicos, levulínico, glutárico, malônico e lático (Chan Junior & Kwork, 1974; Paull et al., 1984).

Segundo Kramer (1973), os dois métodos mais comumente utilizados para medir a acidez dos frutos são o potencial hidrogeniônico (pH) e a acidez total (AT). O pH determina a concentração hidrogeniônica da solução e a acidez

total representa todos os grupamentos ácidos encontrados (compostos fenólicos, ácidos orgânicos livres e na forma de sais).

Algumas substâncias fenólicas (taninos) estão relacionadas com a adstringência, em pequenas proporções ou em combinação com outros fatores do sabor, que pode contribuir para um *flavor* desejável (Chitarra & Chitarra, 2005).

O teor de composto fenólicos nas frutas varia largamente com a espécie, a cultivar, o local de cultivo, o estádio de maturação e a estação do ano. Os fenólicos polimerizados (condensados) são largamente distribuídos, tanto entre as espécies como em relação à sua localização dentro do fruto, sendo mais concentrados na casca que na polpa (Abbott, 1999)

A compreensão dos processos físicos, químicos e bioquímicos, relacionados aos atributos de qualidade, é essencial para otimizar a produção e evitar perdas na qualidade (Fernandez, 2000).

A cor é um atributo de percepção e interpretação subjetivas. A expressão verbal da cor é algo muito complicado e vago. Entretanto, existem padrões de cor que ajudam na comunicação da cor de modo mais preciso simples e exato. Tipos de fontes de iluminação, o observador, a área de visão, a cor da base em que o produto a ser medido está posicionado e a direção de visão do observador são variáveis que são padronizadas em uma medida instrumental.

A *Commision Internationale de L'Eclarirage* (CIE) desenvolveu métodos para descrever a cor numericamente. Os mais conhecidos são o baseado em valores do espaço de cor de triestímulo XYZ, sugerido em 1931 e o espaço L*a*b*, sugerido em 1976, por prover diferenças de cor uniforme em relação às diferenças visuais.

O método mais utilizado para a medição da cor é o de um colorímetro por reflectância, que elimina alguns problemas, como a diferença entre observadores, fonte iluminante, diferenças entre a base de leitura e ângulo de luz. A cor detectada pelos olhos é o resultado da combinação de muitos fatores. Há

três atributos, para qualquer cor específica, conhecidos como hue (tom vermelho e amarelo), chroma (saturação) e value (luminosidade) (McDougall, 1994; Cornforth, 1994).

Utilizando-se o sistema L*a*b*, porém representando por meio de coordenadas cilíndricas, o espaço de cor L*C*, em que L é luminosidade, C* é a cromaticidade ou saturação (varia de 0 e aumenta de acordo com o distanciamento do centro), o valor a* representa uma variação de cores do verde (–a) ao vermelho (+a) e o b*, a variação de cores do amarelo (+b) ao azul (-b) (Minolta, 1994). A variação da coloração através dos dois eixos é mostrada na Figura 4, lembrando que as coordenadas de coloração da casca da lichia, normalmente, ficam no primeiro quadrante (a* e b* entre 0° a 90°), com o ângulo de tonalidade variando de vermelho a amarelo.

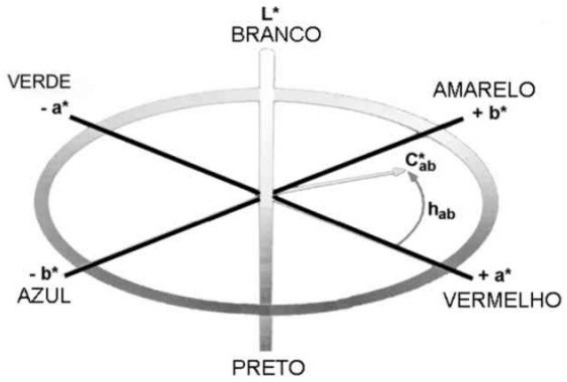


FIGURA 4 Padrão CIE L*a*b* e L*C*h (McDougall, 1994).

A saturação (C*) é o vetor resultante das medidas de a* e b*, que é calculada pela fórmula:

$$C^* = \sqrt{\left(a^{*2} + b^{*2}\right)}$$

No sistema de cor L*C*h, a diferença ΔC* é muito utilizada, indicando se a amostra é mais pálida ou menos saturada que a outra.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Material

Foram utilizadas lichias cv. Bengal, safra 2008, adquiridas de um pomar comercial da região de Lavras, MG, a 918m de altitude e nas coordenadas geográficas de 21º14' de latitude Sul e 45º00' de longitude.

As lichias foram colhidas pela manhã, em estádio de maturação próprio para o consumo, num total de 20kg, e levadas para o Laboratório de Bioquímica, no Departamento de Química da Universidade Federal de Lavras.

3.2 Preparo do material e instalação do experimento

Os frutos foram selecionados de acordo com a uniformidade da cor, o tamanho e a ausência de defeitos. Eles foram separados em 4 lotes de 240 frutos cada, para a aplicação dos tratamentos.

As lichias apresentaram tamanho médio 3,74±0,16cm de comprimento e 3,0±0,11cm de largura, medida no maior diâmetro. A massa dos frutos foi de 18,8±2,2g. Os frutos apresentaram relação de 55,8±6,8% de polpa, 24,7±9,4% de casca e 19,5±2,1% de semente, valores semelhantes aos encontrados por Menzel (2002).

Cada lote foi submetido a um tratamento e, em todos os tratamentos, os frutos foram acondicionados em bandejas plásticas (187 x 159 x 43 mm), em número de 15 por bandeja, e armazenados em temperatura ambiente (25,1ºC±1,5ºC; 69,3%±8,62%UR), por seis dias. Os tratamentos foram os seguintes:

- Tratamento 1 controle, frutos sem embalagem (C);
- Tratamento 2 frutos recobertos com filme de polietileno de baixa densidade (10µm), sem perfuração (F);

- Tratamento 3 frutos recobertos por filme de polietileno de baixa densidade, com 15 perfurações distribuídas em três colunas e cinco linhas, com 2,9cm de espaçamento entre colunas e 2,25cm entre linhas. O diâmetro dos furos foi de 1,0mm (FP). A área perfurada correspondeu a 0,04% da área da superfície da bandeja;
- Tratamento 4 frutos imersos por 1 minuto em solução de fécula de mandioca (3%) e secos à temperatura ambiente (FM). A solução de fécula foi preparada aquecendo-se a mistura 1.000ml de água e 30g de fécula de mandioca comercial, até 70ºC e esperou-se esfriar até temperatura ambiente para ser utilizada nos tratamentos (Reis et al., 2006).

As análises foram realizadas em 4 tempos diferentes: dia da colheita, 2 dias após colheita, 4 dias após a colheita e 6 dias após a colheita, em 4 repetições (4 bandejas com 15 frutos) por dia de análise por tratamento.

3.3 Delineamento experimental e estatístico

O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado (DIC), em esquema fatorial (4x4) x 4, sendo 4 tratamentos (C, F, FP, FM), 4 tempos de análise, correspondentes aos dias 0, 2, 4 e 6, com 4 repetições, em que cada parcela era composta por 15 frutos. Para as variáveis perda de massa e escurecimento visual do pericarpo, o esquema fatorial utilizado foi (4x3), sendo 4 tratamentos e 3 tempos (2, 4, e 6). Os resultados foram submetidos à análise de variância, por meio do programa Sisvar (Ferreira, 2002). Para a descrição das variáveis em função dos períodos de armazenamento, foram realizadas análises de regressão e os modelos polinomiais foram selecionados observando-se a significância pelo teste F, para cada modelo e seus respectivos coeficientes de determinação.

3.4 Análises realizadas no fruto inteiro

3.4.1 Perda de massa

Os frutos, no dia de análise, foram pesados em balança analítica Precision, modelo PR1000, e os resultados expressos em porcentagem de perda de massa fresca, sendo:

$$PMF = 100- [(MF \times 100)/MI], \text{ onde:}$$

PMF: perda de massa fresca (%);

MF: massa final (g);

MI: massa inicial (g).

3.4.2 Escurecimento visual da casca

O escurecimento visual do pericarpo foi determinado subjetivamente pela adoção da seguinte escala (Zhang et al., 2004):

- frutos com o pericarpo completamente vermelho – valor um (1);
- frutos com pericarpo 75% vermelho e 25% escuro – valor dois (2);
- frutos com pericarpo 50% vermelho e 50% escuro – valor três (3);
- frutos com pericarpo 25% vermelho e 75% escuro – valor quatro (4);
- frutos com pericarpo totalmente escuro – valor cinco (5).

Este método foi desenvolvido de tal forma que o aumento na escala indica um aumento na intensidade de escurecimento da casca do fruto. A análise foi realizada em cada um dos tratamentos, nas quatro repetições, juntamente com o acompanhamento da perda de massa fresca (Jiang & Chen, 1995).

3.4.3 Cor

A análise de cor foi realizada com colorímetro Minolta CR-400, tomando-se duas leituras por fruto na região de maior diâmetro, em lados opostos. Os resultados foram expressos em valor L*, a* e C*, sendo a coordenada L* relacionada à claridade, indicando variação de cor entre preto e

branco; o valor a* representa uma variação de cores do verde (–a) ao vermelho (+a) e o valor de C* - croma está relacionado com a pureza da cor.

3.5 Análises realizadas na casca

3.5.1 pH

O pH da casca foi obtido com 1g de amostra triturado em 20mL de água. Para medir o pH foi utilizado um peagâmetro (Micronal modelo B371), segundo técnica da Association of Official Analytical Chemistry, AOAC (2000).

3.5.2 Determinação do conteúdo de antocianina

A determinação de antocianina seguiu o método de Fuleki e Francis (1968). Foram triturados, em liquidificador, 10g do pericarpo, obtidos de 15 frutos, com 100mL de metanol (95%) acidificado com ácido clorídrico (1,5mol.L^{-1}), na proporção 85:15 v/v; o conteúdo foi armazenado por 24 horas, à temperatura de 5ºC e, posteriormentem filtrado em papel Wathman nº1. As leituras foram efetuadas em espectrofotômetro UV visível (535nm). O conteúdo total de antocianina (mg.100g^{-1} de casca fresca) foi calculado em quantidades absolutas, com a utilização do coeficiente de extinção (E= 68,3) estabelecido para o pigmento predominante da lichia (cianidina 3-glucosídeo) em solvente alcoólico.

3.5.3 Extração da peroxidase e polifenoloxidase

Pesaram-se 10g do pericarpo de 15 lichias, homogeneizando-se em liquidificador com 100 mL de tampão fosfato 0,1 mol L^{-1} (pH 6,5) a 4ºC, contendo 1g de polivinilpirrolidona (PVP) insolúvel, por 1 minuto. Em seguida, o homogenado foi filtrado em quatro camadas de gaze e centrifugado a 15.000g, durante 15 minutos, a 4°C. O sobrenadante foi recolhido e utilizado para o ensaio enzimático (Zauberman et al., 1991).

3.5.4 Determinação da atividade da peroxidase e polifenoloxidase

A atividade da peroxidase foi determinada segundo Khan e Robinson (1994). Utilizaram-se, como meio de reação: 1,5 mL de guaiacol 1% ($v.v^{-1}$), 0,4 mL de H_2O_2 0,3% ($v.v^{-1}$), 0,1 mL do extrato enzimático ou da enzima parcialmente purificada e 1,2 mL de tampão fosfato de sódio 50 $mmol.L^{-1}$ pH 6,0. A reação foi acompanhada durante 2 minutos, com leituras efetuadas em intervalo de 2 segundos, a 30°C, em espectrofotômetro (Espectro Vision). A atividade de peroxidase foi expressa em unidade (atividade capaz de alterar 0,001 de absorbância a 470 nm) por minuto por grama de matéria fresca ($U.g^{-1}MF$) e foi calculada utilizando-se dados relativos à porção linear do gráfico absorbância x tempo.

Para a determinação da atividade da polifenoloxidase, segundo Zauberman et al. (1991), foram utilizados 0,8mL de catecol (100$mmol.L^{-1}$) e 1,5ml de extrato. A reação foi acompanhada durante 5 minutos, com leituras efetuadas em intervalo de 2 segundos, a 30°C, em espectrofotômetro (Espectro Vision). A atividade da peroxidase foi expressa em unidade (atividade capaz de alterar 0,001 de absorbância a 395 nm) por minuto por grama de matéria fresca ($U.g^{-1}MF$) e foi calculada utilizando-se dados relativos à porção linear do gráfico absorbância x TEMPO.

3.6 Análises realizadas na polpa

3.6.1 Sólidos solúveis totais (SS)

O teor de sólidos solúveis foi determinado no filtrado (que foi obtido pesando-se 10g de polpa para 40 mL de água destilada e, posteriormente, filtrando-se em organza) por leitura em refratômetro digital da marca Atago, modelo PR-100 Palette, com ajuste automático de temperatura a 25°C e expressos em °Brix, segundo metodologia da AOAC (2000).

3.6.2 Acidez titulável (AT)

A acidez titulável foi determinada por titulação da amostra (10g de polpa homogenizadas em 40mL de água destilada) com solução padronizada de NaOH 0,1N e indicador de fenolftaleína, de acordo com o Instituto Adolfo Lutz (1985). Os resultados foram expressos em % de ácido málico.$100g^{-1}$ de polpa fresca.

3.6.3 pH

O pH da polpa foi obtido a partir de 10g de amostra triturados em 40mL de água destilada. Para medir o pH, foi utilizado um peagâmetro (Micronal modelo B371), segundo técnica da AOAC (2000).

3.6.4 Determinação do teor de ácido ascórbico

O teor de ácido ascórbico (após a oxidação a ácido dehidroascórbico) foi determinado pelo método colorimétrico com 2,4 dinitrofenilhidrazina, segundo Strohecker & Henning (1967). Os resultados foram expressos em mg de ácido ascórbico.$100g^{-1}$ de polpa.

3.6.5 Determinação de fenólicos totais

A extração foi realizada segundo Swain & Hillis (1959) e a dosagem da amostra (1g de polpa), de acordo com método de Follin-Denis (AOAC, 1992). Os resultados foram expressos em mg de ácido tânico.$100g^{-1}$ de polpa fresca.

3.6.6 Determinação de açúcares solúveis totais, açúcares redutores e sacarose

Os açúcares solúveis totais e redutores foram extraídos pelo método de Lane-Enyon, citado por AOAC (2000) e dosados segundo a técnica de Somoghy, adaptada por Nelson (1944). A sacarose foi determinada pela diferença entre açúcares totais e redutores, multiplicada pelo fator 0,95 (fator de conversão do

açúcar invertido em sacarose). Os resultados foram expressos em g de glicose.$100g^{-1}$ de polpa.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Análises realizadas no fruto inteiro

4.1.1 Perda de massa

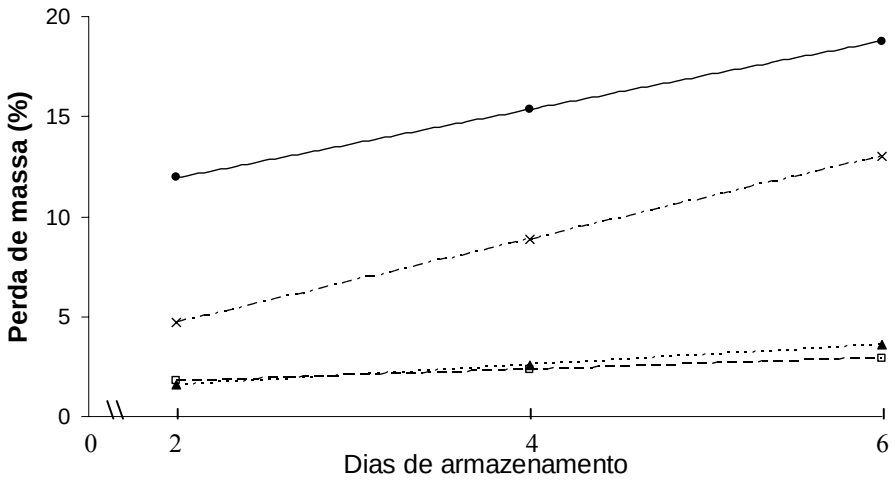
Foi verificada interação significativa entre tratamentos x dias de armazenamento, para a perda de massa dos frutos (Tabela 1A-Anexo). Os tratamentos C e FM foram os que apresentaram maior perda de massa no final do período de armazenamento (Figura 5), porém, o controle (C) apresentou perda de massa mais rápida, alcançando 11,95% no segundo dia após a colheita, contra 4,14% do tratamento FM. Estes mesmos foram diferentes dos frutos dos tratamentos F e PF, que apresentaram as menores perdas de massa.

A menor perda de massa observada nos tratamentos F e PF mostra que as embalagens recobertas por filme de polietileno, perfurado ou não, evitaram uma maior perda de água.

Fontes et al. (1999) observaram que a perda de massa foi menor em lichias (cv. Brewster) envoltas com filme de polietileno sem perfurações, atingindo 2% de perda, quando comparadas aos frutos controle, até o completo escurecimento do pericarpo à temperatura ambiente.

Segundo Ledsham (1994), o índice de perda de massa é da ordem de 20%, em média, para lichias da cv. Brewster armazenadas por cinco dias, à temperatura ambiente.

A água é o maior constituinte de todas as frutas e, portanto, o controle de sua perda é de grande importância para a manutenção da qualidade pós-colheita (Jiang & Fu, 1999). Segundo Wu et al. (1997), quando a perda de massa excede 9%, ocorre o escurecimento do pericarpo. Foi o que ocorreu no presente experimento, no qual apenas os tratamentos F e FP, que perderam menos de 9% de água, não escureceram.



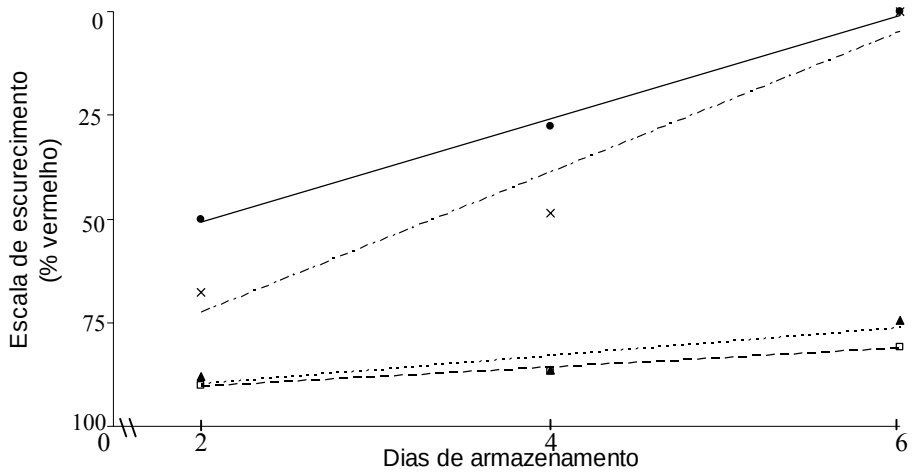
Legenda

$y_C = 1{,}7088x + 8{,}5217$ $R^2 = 99{,}4$ — C
$y_F = 0{,}2931x + 1{,}1792$ $R^2 = 99{,}7$ - - F
$y_{FP} = 0{,}5031x + 0{,}5708$ $R^2 = 96{,}0$ — FP
$y_{FM} = 2{,}0806x + 0{,}5367$ $R^2 = 94{,}8$ — FM

FIGURA 5 Valores de perda de massa de lichias submetidas aos diferentes tratamentos C – controle, F – filme, FP – filme perfurado e FM – fécula de mandioca, durante seis dias de armazenamento à temperatura ambiente.

4.1.2 Escurecimento visual do pericarpo

No dia da colheita, os frutos de todos os tratamentos apresentavam-se com a casca 100% vermelha. Esta cor do pericarpo mudou gradativamente. O resumo da análise de variância pode ser observado na Tabela 1A (Anexo). Os frutos controle (C) perderam a cor vermelha rapidamente, atingindo a cor marrom, completamente, no sexto dia de armazenamento (Figura 6).



Legenda

$y_C = 0,5x + 1,9658$ $R^2 = 99,7$ — C
$y_F = 0,0925x + 1,1942$ $R^2 = 97,8$ - - F
$y_{FP} = 0,1356x + 1,1358$ $R^2 = 84,2$ — FP
$y_{FM} = 0,6756x + 0,7467$ $R^2 = 93,9$ — FM

FIGURA 6 Valores do escurecimento visual da casca de lichias submetidas aos diferentes tratamentos C – controle, F – filme, FP – filme perfurado e FM – fécula de mandioca, durante seis dias de armazenamento, à temperatura ambiente.

A maioria dos frutos do tratamento FM, no segundo dia de armazenamento, apresentou 50% da casca escura. Os frutos do tratamento F apresentaram-se, no segundo dia de armazenamento, sem nenhum escurecimento e, no quarto dia de armazenamento, poucos frutos continham manchas escuras na casca. Os frutos pertencentes ao tratamento FP, assim como do F apresentaram maior manutenção da cor vermelha da casca, comparados aos tratamentos C e FM. Estes resultados são confirmados pela Figura 7.

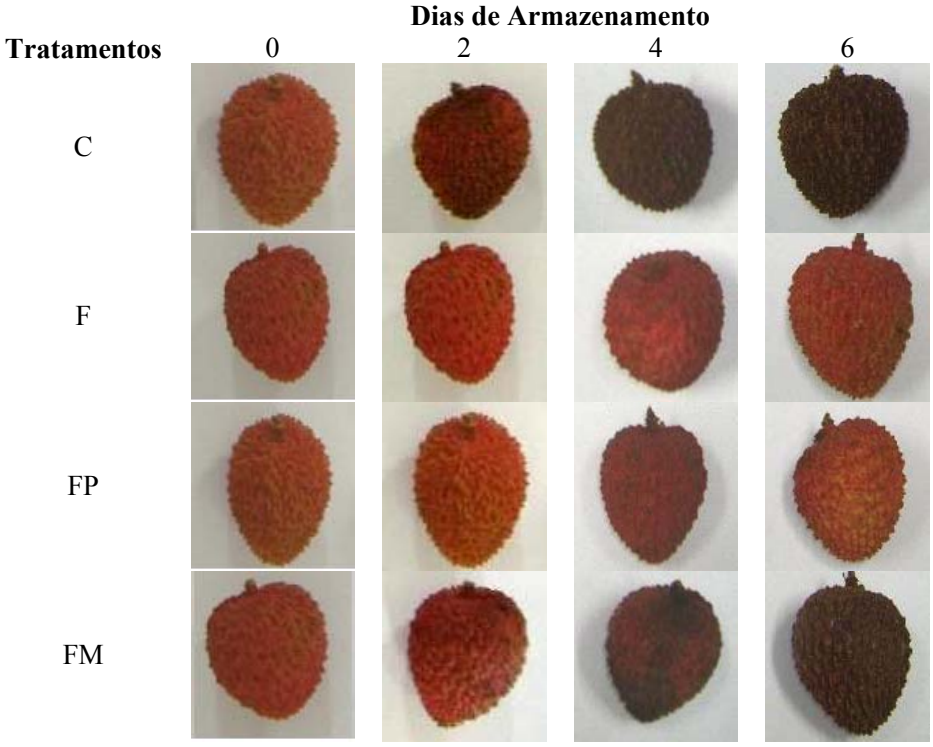


FIGURA 7 Aparência de lichias submetidas aos tratamentos C- controle; F - filme, FP- filme perfurado; FM - fécula de mandioca, durante o armazenamento à temperatura ambiente.

Huang et al. (2005) verificaram que lichias da cv. Huaizhi tornaram-se marrons em apenas dois dias, quando mantidas à temperatura ambiente. Zhang et al. (2004), utilizando a mesma escala de avaliação visual de escurecimento do pericarpo durante os 4 dias de armazenamento de lichias à temperatura ambiente, verificaram que o índice de escurecimento aumentou durante o armazenamento, ao mesmo tempo em que a concentração total de antocianina diminuiu marcadamente.

O escurecimento do pericarpo da lichia durante o armazenamento está associado com a perda de água que aumenta com o tempo. Este fato faz com que

o pericarpo desidrate e escureça rapidamente, sugerindo que a perda de água contribui largamente para o escurecimento do pericarpo. O fruto escuro é resultado da perda de integridade da membrana celular, um evento crucial na senescência do fruto.

As análises de escurecimento visual do pericarpo demonstram que os frutos que apresentaram a maior perda de massa (C e PF) são também os que obtiveram maior escurecimento durante o armazenamento, confirmando a relação direta entre a desidratação e o escurecimento do pericarpo.

4.1.3 Cor

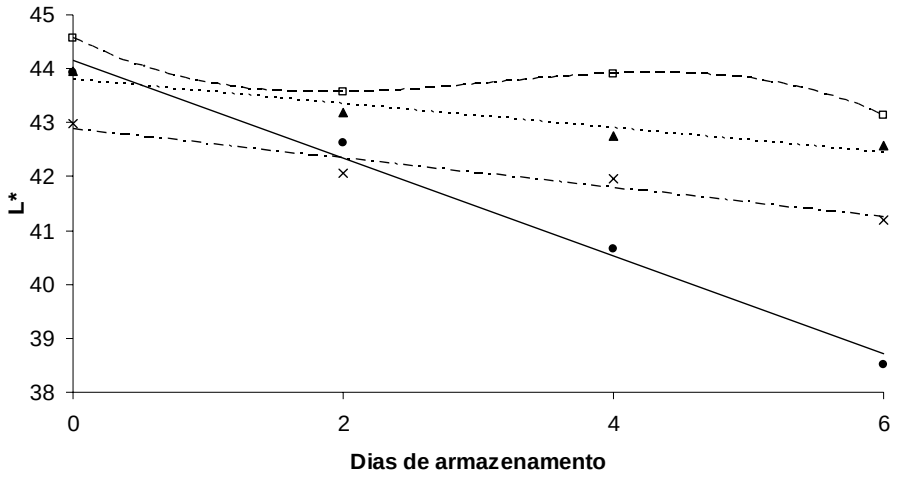
Todos os parâmetros de cor analisados mostraram interação entre tratamentos x dias de armazenamento (Tabela 1A, Anexo). O parâmetro a* indica a coloração vermelha para valores positivos; quanto maior o valor de a* mais intensa a coloração. O valor de C* (croma) indica a pureza da cor; para maiores valores, purezas maiores. O parâmetro L* indica a claridade da amostra, variando do branco (próximos de 100) ao preto (próximo de 0).

Os valores intensidade, pureza e claridade da cor da casca das lichias, no final do armazenamento, para os tratamentos F e FP, indicaram maior intensidade, pureza e claridade da cor vermelha do que nos tratamentos C e FM, indicando que houve pouco escurecimento, justificado pela pouca disponibilidade de oxigênio dentro da embalagem. O mesmo não ocorreu com os frutos dos tratamentos C e FM, que apresentaram valores baixos de a* e C* e mais altos de L*, indicando que estes tratamentos não foram eficientes em controlar o escurecimento da casca da lichia.

Nas Figuras 8, 9 e 10 são mostrados os valores dos parâmetros de cor L* a* e C* dos frutos pertencentes aos diferentes tratamentos durante o armazenamento.

Na Figura 7, é fácil a observação do maior escurecimento das frutas dos tratamentos C e FM e a maior manutenção da coloração nos frutos pertencentes aos tratamentos F e FP, confirmando os resultados obtidos pela coloração da casca.

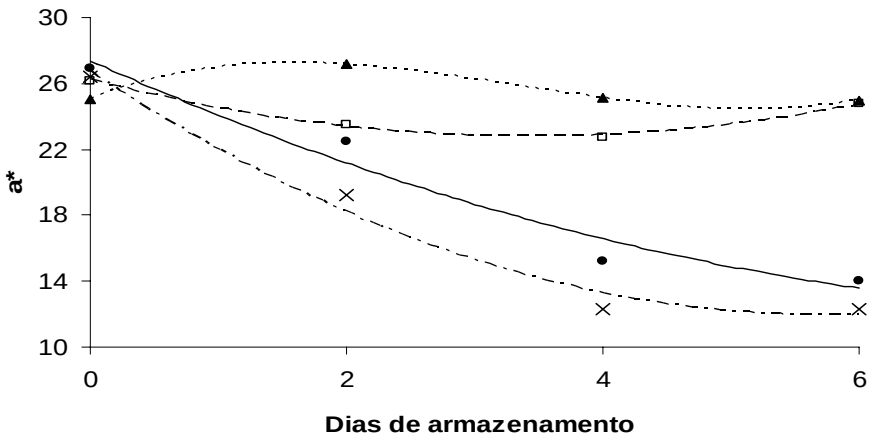
Apesar de o tratamento F ter apresentado melhor conservação da cor vermelha do pericarpo durante o armazenamento, foram observadas, em alguns frutos, no quarto dia de armazenamento, injúrias, possivelmente causadas por microrganismos (Figura 11). Isso que indica que houve a formação de um ambiente anaeróbico e de alta umidade no interior da embalagem, propiciando o desenvolvimento de microrganismos e causando danos aos frutos. O filme de polietileno sem perfurações restringe as trocas gasosas entre o interior da embalagem e o ambiente, promovendo redução dos níveis de O_2 e aumento de CO_2, alterados pela respiração do fruto (Hardemburg, 1971).



Legenda

y_C = -0,9108x + 44,167 R^2 = 98,9 —●— C
y_F = -0,0514x^3 + 0,4778x^2 - 1,2552x + 44,57 R^2 = 100 - - -□- - F
y_{FP} = -0,2255x + 43,787 R^2 = 91,9 — ▲ — FP
y_{FM} = -0,2729x + 42,872 R^2 = 92,1 — -×— FM

FIGURA 8 Valores do parâmetro de cor L* da casca de lichias submetidas aos diferentes tratamentos C – controle, F – filme, FP – filme perfurado e FM – fécula de mandioca, durante seis dias de armazenamento, à temperatura ambiente.



Legenda

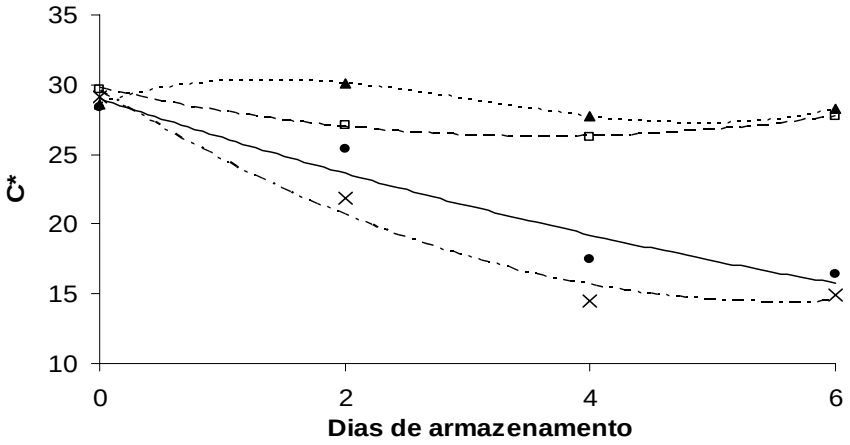
$y_C = 0{,}2013x^2 - 3{,}5055x + 27{,}379 \quad R^2 = 96{,}4$ — C

$y_F = 0{,}2944x^2 - 2{,}0158x + 26{,}233 \quad R^2 = 99{,}2$ - - F

$y_{FP} = 0{,}1256x^3 - 1{,}2688x^2 + 3{,}08x + 25{,}06 \quad R^2 = 100$ — FP

$y_{FM} = 0{,}4506x^2 - 5{,}1573x + 26{,}716 \quad R^2 = 98{,}3$ — FM

FIGURA 9 Valores do parâmetro de cor a* da casca de lichias submetidas aos diferentes tratamentos C – controle, F – filme, FP – filme perfurado e FM – fécula de mandioca, durante seis dias de armazenamento, à temperatura ambiente.



Legenda

$y_C = 0{,}1175x^2 - 2{,}908x + 28{,}989$ $R^2 = 93{,}4$ C

$y_F = 0{,}2625x^2 - 1{,}906x + 29{,}728$ $R^2 = 99{,}6$ F

$y_{FP} = 0{,}139x^3 - 1{,}3088x^2 + 2{,}7867x + 28{,}63$ $R^2 = 100$ FP

$y_{FM} = 0{,}4819x^2 - 5{,}4067x + 29{,}567$ $R^2 = 97{,}8$ FM

FIGURA 10 Valores do parâmetro de cor croma da casca de lichias submetidas aos diferentes tratamentos C – controle, F – filme, FP – filme perfurado e FM – fécula de mandioca, durante seis dias de armazenamento, à temperatura ambiente.

FIGURA 11 Aparência de lichias do tratamento F, no quarto dia de armazenamento.

4.2 Análises realizadas na casca do fruto

4.2.1 pH

Os valores de pH analisados na casca de lichias submetidas a diferentes tratamentos não apresentaram diferenças significativas para tratamentos. Os valores variaram apenas com o tempo de armazenamento, sem que houvesse interação com o tipo de tratamento (Tabela 2A-anexo). Na Figura 12 pode-se observar um aumento gradativo nos valores de pH (4,54 a 4,75), em função dos dias após a colheita.

Underhill & Critchley (1994) reportaram que os valores de pH do pericarpo de lichias armazenadas aumentaram de 4,1 a 4,7, com a perda de massa do fruto. É possível que, como consequência da mudança do pH, a antocianina sofra uma mudança em sua estrutura, o que afeta a estabilidade do pigmento e a expressão de sua cor. Para que isso aconteça, é necessária apenas uma pequena mudança no pH, da ordem de 0,5 a 1 unidade de pH (Brouillard, 1982). As antocianinas são mais estáveis em soluções ácidas; com o aumento do pH, ocorre degradação das antocianinas. A importância do pH foi reconhecida por Zauberman et al. (1991) e Underhill & Critchley (1990), que demonstraram que a cor da casca pode ser mantida e posteriormente fixada pelo baixo pH do pericarpo de lichias tratadas com fumigação de SO_2.

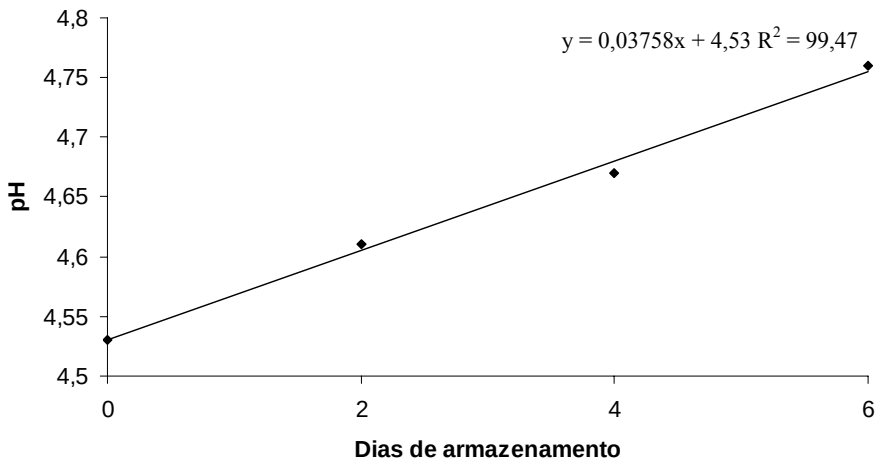
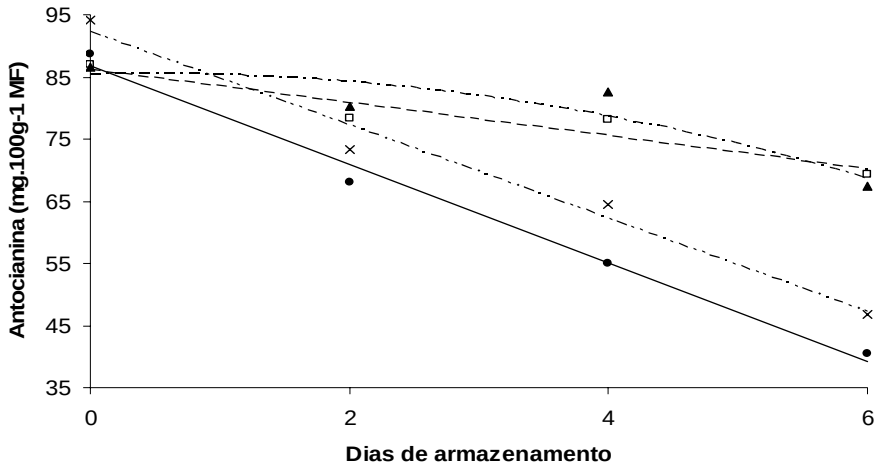


FIGURA 12 Valores de pH da casca de lichias durante seis dias de armazenamento, à temperatura ambiente.

4.2.2 Antocianina

O aumento na perda de massa dos frutos coincide com a queda na concentração de antocianina, que foi mais acentuada para os frutos componentes dos tratamentos C e FM (Figura 13). Os frutos pertencentes a estes dois tratamentos apresentaram teor médio de antocianina no dia da colheita (Dia 0), de 88,7mg.100g^{-1} e 94,1mg.100g^{-1} na casca fresca. Estes valores são semelhantes ao encontrado por Underhill & Critchley (1992), de 80mg.100g^{-1}, na mesma cultivar. Já no sexto dia, esse valor caiu em 50,1%, para os frutos do tratamento C e 54,4%, para os frutos do tratamento FM. Para o frutos que receberam os tratamentos F e FP, os valores médios iniciais foram de 86,77mg.100g^{-1} e de 87,07mg.100g^{-1} na casca fresca, respectivamente, reduzindo durante todo o armazenamento e chegando ao sexto dia com taxa de 22,3% de queda nos valores, para o tratamento FP e de 20,2%, para o tratamento F. O fato de os frutos desses dois tratamentos terem apresentado menor queda no conteúdo de antocianina está relacionado com a menor disponibilidade de O^2 no interior da

embalagem, menor perda de água, menor descompartimentalização das células e, consequentemente, menor atividade enzimática.



Legenda

y_C = -7,907x + 86,731 R^2 = 98,9 —●— C
y_F = -2,6605x + 86,184 R^2 = 91,0 - - -□- - F
y_{FP} = -0,5513x^2 + 0,5275x + 85,375 R^2 = 83,6 — ▲— FP
y_{FM} = -7,536x + 92,318 R^2 = 98,0 —×— FM

FIGURA 13 Valores de antocianina da casca de lichias submetidas aos diferentes tratamentos C – controle, F – filme, FP – filme perfurado e FM – fécula de mandioca, durante seis dias de armazenamento à temperatura ambiente.

A estabilidade da antocianina é grandemente aumentada pela sua habilidade de formar copigmentação e complexos com metais. Esta capacidade da antocianina para a formação de copigmentos é dependente do pH, da temperatura e da concentração de antocianina (Markakis, 1982).

O índice de escurecimento da lichia aumenta durante o armazenamento à temperatura ambiente, assim como a concentração de antocianina diminui marcadamente (Zhang et al., 2004).

Os resultados apresentados pela análise de cor (Figuras 8, 9 e 10) condizem com os resultados encontrados para o conteúdo de antocianina. Os tratamentos F e FP apresentaram maior conteúdo de antocianina no último dia de armazenamento e, consequentemente, maior retenção da cor vermelha da casca para o mesmo período.

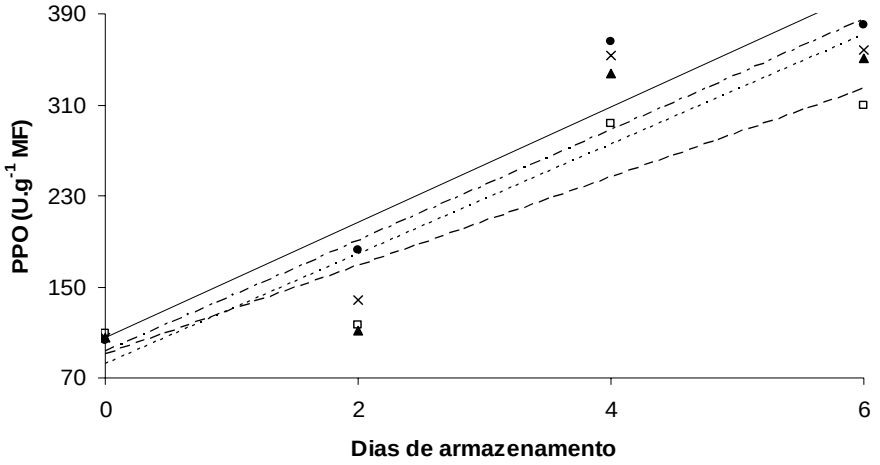
4.2.3 Polifenoloxidase (PPO)

Os resultados para análise da atividade da enzima PPO apresentaram diferença significativa para a interação dos fatores estudados (Tabela 2A-Anexo).

Os frutos do tratamento C apresentaram maior atividade enzimática em relação aos demais tratamentos, a partir do quarto dia de armazenamento (Figura 14).

O tratamento FM, quando comparado aos tratamentos F e FP, foi menos eficiente na manutenção da hidratação do fruto, ocasionando maior descompartimentalização celular e, consequentemente, maior atividade enzimática, durante o armazenamento.

Os tratamentos F e FP apresentaram valores de atividade enzimática semelhantes; a atividade aumentou linearmente até o final do período de armazenamento.



Legenda

y_C = 50,7x + 105,43 R^2 = 91,5 — C
y_F = 39x + 90,5 R^2 = 84,8 - - - F
y_{FP} = 48,2x + 81,975 R^2 = 83,3 — FP
y_{FM} = 48,6x + 93 R^2 = 85,7 — FM

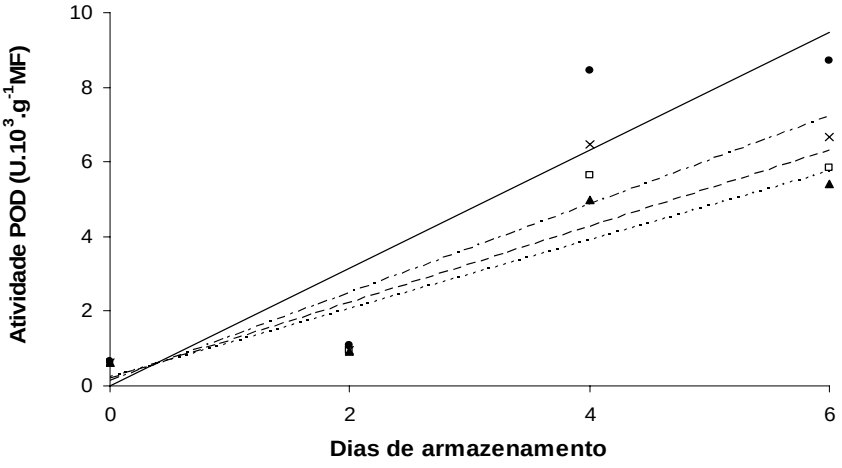
FIGURA 14 Valores de atividade da polifenoloxidase da casca de lichias submetidas aos diferentes tratamentos C – controle, F – filme, FP – filme perfurado e FM – fécula de mandioca, durante seis dias de armazenamento, à temperatura ambiente.

Jiang (2000) sugere que as antocianinas, as PPO e os fenóis contribuem para o escurecimento do pericarpo da lichia envolvido no sistema de reação antocianina-PPO-fenol, porque a PPO não pode causar a degradação das antocianinas por si só, mas a degradação das antocianinas é acelerada pelo sistema antocianinas, fenóis e PPO.

Lin et al. (1988) demonstraram um rápido aumento na atividade da PPO durante as primeiras 48 horas de armazenamento e Huang et al. (1990) observaram que, durante o armazenamento, a concentração de antocianina diminuiu, enquanto a atividade da polifenoloxidase aumentou.

4.2.4 Peroxidase (POD)

A atividade enzimática da POD apresentou resultado significativo para a interação tratamentos x dias de armazenamento (Tabela 2A-Anexo). A atividade da POD aumentou para todos os tratamentos, durante todo o período de armazenamento. Os frutos controle foram os que apresentaram maior atividade, a partir do quarto dia de armazenamento, seguidos pelos frutos do tratamento FM (Figura 15). Este fato pode ser explicado pelo aumento no valor de pH e pelo maior dessecamento do pericarpo ocorrido nos frutos destes tratamentos. Os frutos que pertenciam aos tratamentos F e FP apresentaram as mais baixas atividades enzimáticas da POD (Figura 15).



Legenda

y_C = 1,5765x - 0,002 R^2 = 83,3 —●— C
y_F = 1,0206x + 0,1952 R^2 = 84,2 - - -□- - F
y_{FP} = 0,9207x + 0,2184 R^2 = 86,2 — ▲ — FP
y_{FM} = 1,1831x + 0,1266 R^2 = 83,4 — -×— FM

FIGURA 15 Valores de atividade da peroxidase da casca de lichias submetidas aos diferentes tratamentos C – controle, F – filme, FP – filme perfurado e FM – fécula de mandioca, durante seis dias de armazenamento, à temperatura ambiente.

A PPO e a POD são responsáveis pelo escurecimento da casca da lichia. Observando-se as Figuras 14 e 15, conclui-se que as duas enzimas tiveram comportamento semelhante durante o armazenamento.

Zheng & Tian (2006) observaram que a atividade da POD aumentou do início do armazenamento, à temperatura ambiente, de lichias cv. Huaizhi, até o quarto dia após a colheita. Zhang et al. (2004) observaram alta atividade da peroxidase ($8,5x10^3 U.min^{-1}.g^{-1}$ MF) para lichias cv. Huaizhi, no quarto dia de armazenamento, à temperatura de 28ºC.

Segundo Jaiswal et al. (1986), Lin et al. (1988) e Underhill & Critchley (1995), a POD tem sido considerada a enzima responsável pelo escurecimento do pericarpo de lichias.

4.3 Análises realizadas na polpa

4.3.1 Acidez titulável

A análise de variância dos dados de acidez titulável (AT) mostra que não houve interação entre tratamentos e tempo de armazenamento (Tabela 4A-Anexo). Foi observado um decréscimo nos valores de acidez titulável, durante o período de armazenamento (Figura 16).

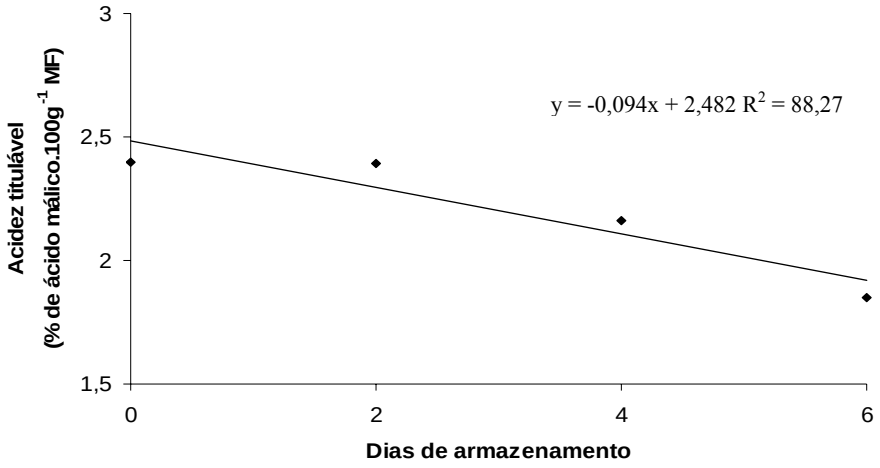


FIGURA 16 Valores de acidez titulável da polpa de lichias durante seis dias de armazenamento, à temperatura ambiente.

Este decréscimo também foi observado por Paull et al. (1984), os quais citam que este fator é causado pelo decréscimo no total de ácidos orgânicos e aumento de açúcares. Cavaletto (1980) observou que a acidez decresce à medida que a lichia amadurece e também durante o armazenamento.

4.3.2 Açúcares solúveis totais, açúcares redutores e sacarose

O conteúdo de açúcares solúveis totais não apresentou efeito significativo para a interação tratamentos x dias de armazenamento (Tabela 3A, Anexo). Os valores de açúcares totais variaram com o tipo de tratamento (Tabela 1), variando entre 12,5g/100g e 14,4g/100g polpa fresca nos frutos avaliados no dia da colheita. Valores semelhantes (14,2g.100g^{-1} a 20,4 g.100g^{-1}) foram encontrados por Shah & Nath (2008). A variação no conteúdo de açúcares totais durante os dias de armazenamento pode ser observada na Figura 17.

TABELA 1 Médias do conteúdo de açúcar solúvel total em lichias submetidas a diferentes tratamentos, armazenadas por seis dias, à temperatura ambiente.

Embalagem	Açúcar total (g.100g^{-1} MF)
Controle	13.67[a]
Filme	13.04b
Filme Perfurado	12.47b
Fécula de Mandioca	13.53[a]

As médias seguidas da mesma letra, na coluna, não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Scott-Knott.

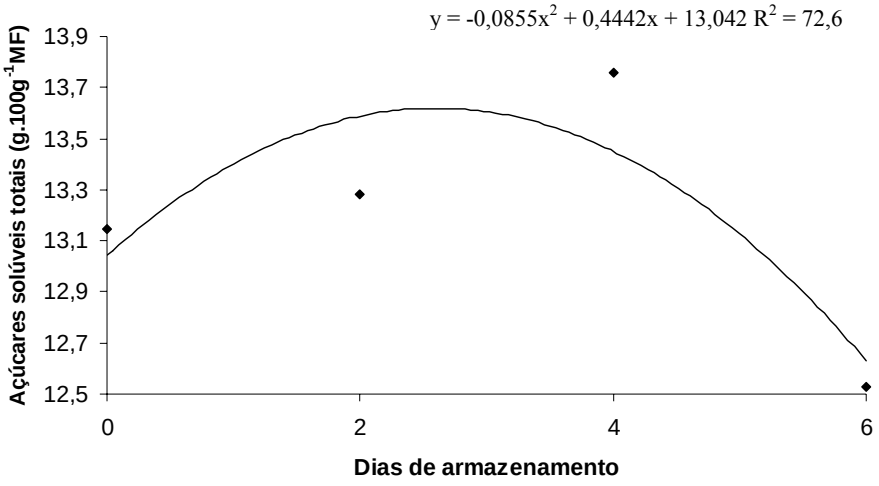


FIGURA 17 Valores de açúcares totais da polpa de lichias durante seis dias de armazenamento, à temperatura ambiente.

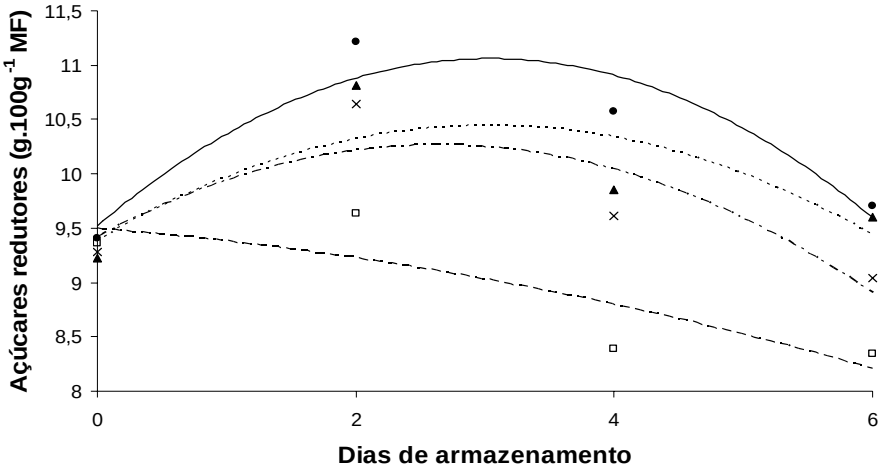
O conteúdo de açucares solúveis totais aumenta com o armazenamento e, a partir do quarto dia, cai, até o final do armazenamento. Em algumas frutas não climatéricas pode ocorrer um aumento no teor inicial de açúcares, como

resultado do metabolismo de polissacarídeos das paredes celulares (Chitarra & Chitarra, 2005). A excessiva desidratação simultânea à máxima perda de massa pode causar um aumento aparente nos valores totais de sólidos solúveis (Ledsham, 1994).

A queda no conteúdo de açúcares solúveis totais, a partir do quarto dia de armazenamento, pode ser explicada pelo estresse causado nos frutos pela colheita, com pronunciado efeito respiratório. Jiang et al. (2003) verificaram um decréscimo nos valores de açúcares solúveis totais e acidez titulável durante doze dias de armazenamento, à temperatura de 25ºC, para lichias cv. Huaizhi. De acordo com Ledsham (1994), a queda valores de açucares solúveis totais pode ocorrer devido à transformação de açúcares presentes na polpa dos frutos em ácidos orgânicos, apesar de a acidez titulável não ter apresentado acréscimo neste período. Segundo estudos realizados por Tassou & Boziaris (2002), a diminuição nos valores de açúcares solúveis totais, durante o armazenamento, pode ser explicada pela utilização de açúcares no desenvolvimento de microrganismos.

O conteúdo de açúcares redutores apresentou tendência semelhante à dos açúcares solúveis totais, com aumento nos valores no segundo dia de armazenamento e queda até o final do período, para todos os tratamentos.

Os frutos do tratamento F apresentaram queda mais pronunciada no conteúdo de açúcares redutores (Figura 18). Este fato, possivelmente, ocorreu devido ao ambiente anaeróbico criado no interior da embalagem, que pode ter gerado processo de fermentação e consequente utilização de açúcares na reação.

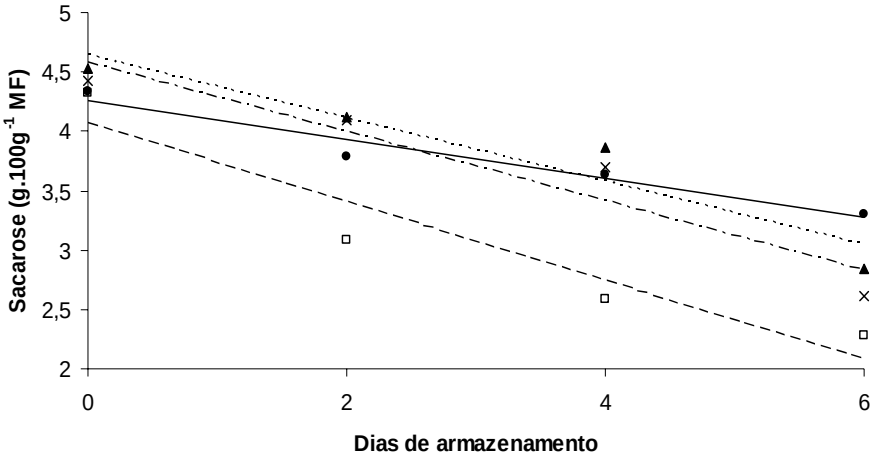


Legenda

$y_C = -0{,}1669x^2 + 1{,}0143x + 9{,}5197$ $R^2 = 88{,}1$ —●— C
$y_F = -0{,}0198x^2 - 0{,}0956x + 9{,}4951$ $R^2 = 72{,}2$ - - -□- - F
$y_{FP} = -0{,}1148x^2 + 0{,}6974x + 9{,}3861$ $R^2 = 61{,}2$ — ▲— FP
$y_{FM} = -0{,}1211x^2 + 0{,}6399x + 9{,}4186$ $R^2 = 73{,}2$ —×— FM

FIGURA 18 Valores de açúcares redutores da polpa de lichias submetidas aos diferentes tratamentos C – controle, F – filme, FP – filme perfurado e FM – fécula de mandioca, durante seis dias de armazenamento, à temperatura ambiente.

Os valores de sacarose para todos os tratamentos, durante o armazenamento, apresentaram queda, com maior expressão para os frutos do tratamento F (Figura 19), assim como os valores de açúcares redutores. Para os demais tratamentos, somente foi observada diferença entre os valores de sacarose, no sexto dia de armazenamento, quando os frutos do tratamento C apresentaram maiores valores de sacarose, semelhante ao que ocorreu nos valores de açúcares redutores, referente à variação durante o armazenamento.



Legenda

y_C = -0,1635x + 4,258 R^2 = 94,9 —●— C
y_F = -0,3306x + 4,0625 R^2 = 90,6 - - -□- - F
y_{FP} = -0,2656x + 4,6363 R^2 = 91,1 — ▲— FP
y_{FM} = -0,2916x + 4,5843 R^2 = 91,5 — -✳— FM

FIGURA 19 Valores de sacarose da polpa de lichias submetidas aos diferentes tratamentos C – controle, F – filme, FP – filme perfurado e FM – fécula de mandioca, durante seis dias de armazenamento à temperatura ambiente.

4.3.3 Sólidos solúveis

Para o conteúdo de sólidos solúveis não foi observada interação significativa entre tratamentos e dias de armazenamento (Tabela 3A, Anexo). Os valores de sólidos solúveis, assim como os valores de açucares totais, variaram com o tipo de tratamento (Tabela 2) e com o tempo de armazenamento (Figura 18).

TABELA 2 Médias para o conteúdo de sólidos solúveis em lichias submetidas a diferentes tratamentos, armazenadas por seis dias, à temperatura ambiente.

Tratamento	Sólidos solúveis (ºBrix)
Controle	15.80a
Filme	15.46b
Filme perfurado	15.74a
Fécula de mandioca	15.66a

As médias seguidas da mesma letra, na coluna, não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Scott-Knott.

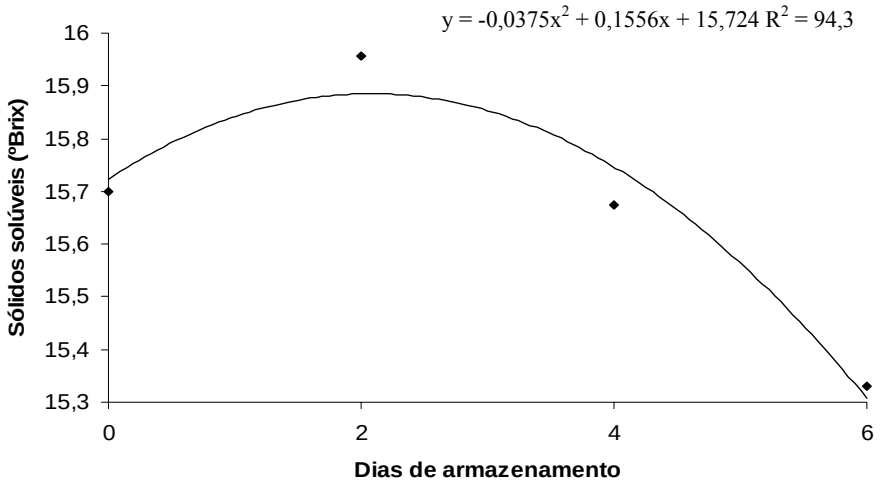


FIGURA 20 Valores de sólidos solúveis da polpa de lichias durante seis dias de armazenamento, à temperatura ambiente.

Observa-se que os valores de sólidos solúveis apresentaram tendência semelhante à dos açúcares solúveis totais, com aumento inicial do conteúdo e posterior queda até o final do armazenamento. Este fato pode ser explicado pelas

mesmas causas citadas na discussão dos resultados dos valores de açúcares solúveis totais.

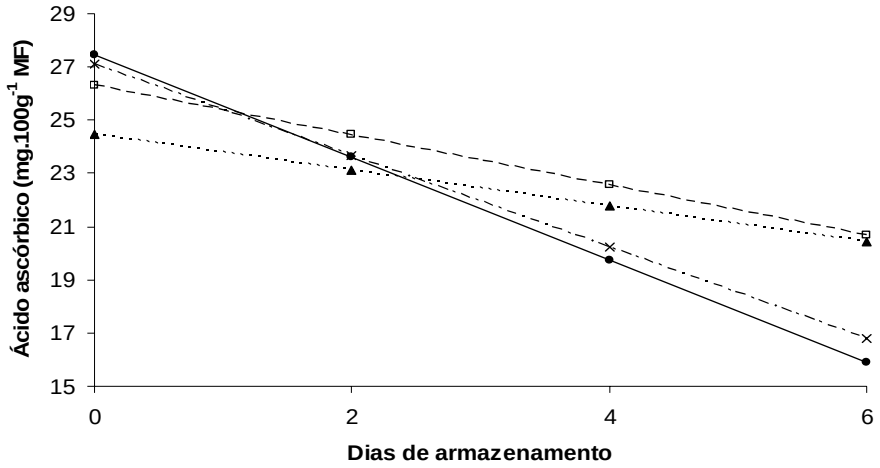
4.3.4 Ácido ascórbico, pH e fenólicos totais

O teor de ácido ascórbico variou de 23,48mg.100g^{-1} a 30,51mg.100g^{-1} na polpa fresca, no dia da colheita. Estes valores estão abaixo dos encontrados por Nagar (1994), de 40 a 50mg.100g^{-1}, porém, próximos dos encontrados por Shah & Nath (2008), de 36±2mg.100g^{-1}. Os valores de ácido ascórbico podem variar com a cultivar, o manejo e as condições climáticas e de armazenamento. Os valores de ácido ascórbico foram significativos para a interação tratamentos x dias de armazenamento (Tabela 4A-Anexo).

Observa-se, na Figura 21, que todos os tratamentos apresentaram a mesma tendência durante o armazenamento. Isso significa que houve diminuição no teor de ácido ascórbico. Entretanto, nos tratamentos nos quais os frutos foram embalados em filmes (F e FP), a perda de ácido ascórbico foi menor (17,63% e 21,99%, respectivamente) do que nos frutos controle (40,41%) e nos com cobertura de película de fécula (37,35%). A embalagem pode ter reduzido a disponibilidade de oxigênio, impedindo a oxidação do ácido ascórbico.

Shah & Nath (2008) também observaram redução gradativa no conteúdo de ácido ascórbico da polpa de lichias da cv. Rose, durante o armazenamento.

O pH da polpa, assim como o da casca, aumenta durante o armazenamento. A análise de variância dos dados apresentou interação significativa para tratamento x dias de armazenamento (Tabela 4A-Anexo). Os valores de pH aumentaram para todos os tratamentos, durante os seis dias de armazenamento (Figura 22), com diferença entre as médias dos tratamentos nos dias quatro e seis após a colheita, com valores maiores de pH para os frutos tratados com película de fécula de mandioca.



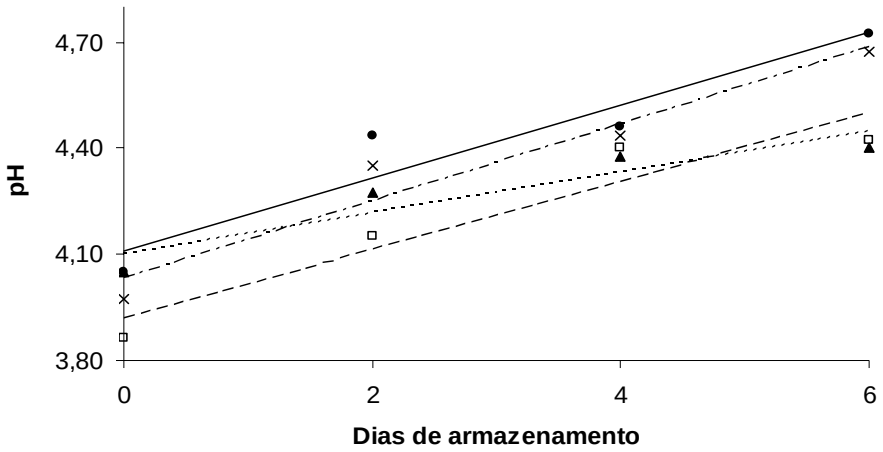
Legenda

y_C = -1,9265x + 27,452 R^2 = 94,1 —●— C
y_F = -0,941x + 26,328 R^2 = 98,9 - - -□- - F
y_{FP} = -0,6715x + 24,447 R^2 = 91,6 — ▲— FP
y_{FM} = -1,722x + 27,106 R^2 = 87,3 — -×— FM

FIGURA 21 Valores de ácido ascórbico da polpa de lichias submetidas aos diferentes tratamentos C – controle, F – filme, FP – filme perfurado e FM – fécula de mandioca, durante seis dias de armazenamento, à temperatura ambiente.

Wu et al. (1995) observaram que, com o escurecimento do pericarpo, o valor do pH, tanto do pericarpo como da polpa, aumentaram gradativamente. O conteúdo de ácidos orgânicos diminui ao mesmo tempo.

Os valores encontrados para fenólicos totais em frutos recém-colhidos ficaram entre 1,47 e 2,3mg.100g^{-1} de polpa fresca. Shah & Nath (2008) encontraram 2,75±0,2g.100g^{-1} de fenólicos totais na polpa fresca de lichias cv. Rose.



Legenda

y_C = 0,1025x + 4,1113 R^2 = 90,6 C
y_F = 0,0969x + 3,9188 R^2 = 90,8 F
y_{FP} = 0,0575x + 4,1025 R^2 = 86,7 FP
y_{FM} = 0,1094x + 4,0313 R^2 = 94,4 FM

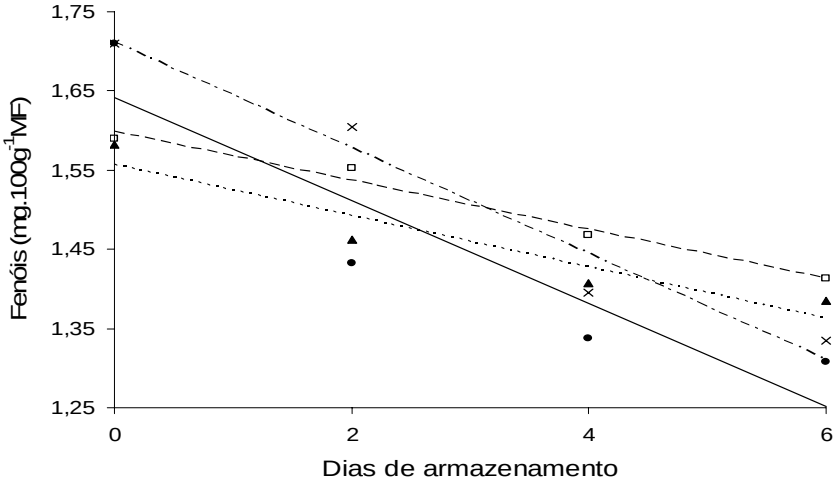
FIGURA 22 Valores de pH da polpa de lichias submetidas aos diferentes tratamentos C – controle, F – filme, FP – filme perfurado e FM – fécula de mandioca, durante seis dias de armazenamento, à temperatura ambiente.

A interação entre tratamentos x dias de armazenamento foi significativa (Tabela 4A-Anexo), o comportamento dos teores de fenólicos totais, para cada tratamento, durante os seis dias de armazenamento à temperatura ambiente, está representado na Figura 23.

O armazenamento de lichias por longos períodos provoca o decréscimo do conteúdo de fenóis (Shah & Nath, 2008).

Os maiores teores de fenólicos encontrados nos frutos dos tratamentos F e FP, no final do período de armazenamento, podem ser também atribuídos a

uma menor oxidação, já que estes tratamentos reduziram a disponibilidade de O_2 nos frutos.



Legenda

y_C = -0,0651x + 1,6423 R^2 = 84,1 —●— C
y_F = -0,0309x + 1,5983 R^2 = 98,1 ---□-- F
y_{FP} = -0,0324x + 1,5565 R^2 = 89,6 —▲— FP
y_{FM} = -0,0668x + 1,7115 R^2 = 95,9 —×— FM

FIGURA 23 Valores de fenólicos totais da polpa de lichias submetidas aos diferentes tratamentos C – controle, F – filme, FP – filme perfurado e FM – fécula de mandioca, durante seis dias de armazenamento, à temperatura ambiente.

O tratamento FM não foi eficiente em prevenir a oxidação dos compostos fenólicos presentes na casca da lichia, apresentando, ao final do período de armazenamento, teores de fenólicos totais da casca iguais aos teores encontrados para o tratamento C.

5 CONCLUSÕES

Nas condições do presente experimento, pode-se concluir que:

- o uso da embalagem plástica recoberta por filme plástico, perfurado ou não, foi eficiente na prevenção do escurecimento da casca de lichias armazenadas durante seis dias, sob temperatura ambiente;
- o uso da embalagem plástica recoberta por filme plástico não perfurado apresentou, no quarto e no sexto dia de armazenamento, desenvolvimento de microrganismos em alguns frutos;
- a utilização de solução de fécula de mandioca para a formação de película protetora não foi eficiente para prevenir ou retardar o escurecimento da casca da lichia;
- os filmes com e sem perfurações não alteraram a qualidade da polpa da lichia.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABBOTT, J.A. Quality measurement of fruits and vegetables. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v.15, n.3, p.207-225, Mar. 1999.

AKAMINE, E.K.; GOO, T. Respiration and ethylene production during ontogeny of fruit. **Journal American Society Horticultural Science,** Alexandria, v.93, n.4, p.381-383, July 1973

ARAÚJO, J.M.A. **Escurecimento enzimático em alimentos**. Viçosa, MG: UFV, 1990. 14 p. (Boletim Técnico, 231).

ARAÚJO, J.M.A. **Química de alimentos**. 3.ed. Viçosa, MG: UFV, 2004. 478p.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTRY. **Official methods of analysis of the Association on Analytical Chemistry**. 12th ed. Washington, 1992. 1015p.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTRY. **Official methods of analysis of the Association on Analytical Chemistry**. 12 th ed. Washington, 2000. 1015 p.

AZEREDO, H.M.C. de. Películas comestíveis em frutas conservadas por métodos combinados: potencial da aplicação. **Boletim do Centro de Pesquisa e Processamento de Alimentos**, Curitiba, v.21, n.2, p.267-278, jun./dez. 2003.

BERGMEYER, H.U.; GAWEHN, K.; GRASSE, M. Enzymes as biochemical reagents. In: BERGMEYER, H.U. (Ed.). **Methods of enzymatic analysis.** 2.ed. New York: Academic, 1974. p.494-495.

BHULLAR, J.S.; DHILLON, B.S.; RANDHAWA, J.S. Extending the postharvest life of litchi cultival seedless late. **Journal Of Research Punjab Agricultural University**, Chandigarh, v.20, p.467-470, 1983.

BROUILLARD, R. Chemical structure of anthocyanins. In: MARKAKIS, P. **Anthocyanins as food colours.** New York: Academic, 1982. p.1-38,.

CAVALETTO, C.G. Lychee. In: NAGY, S.; SHAW, P.E. (Ed.). **Tropical and Subtropical fruits -** composition, properties and uses. Westport: AVI P, 1980. p.468-478.

CEREDA, M.P.; BERTOLINI, A.C.; EVANGELISTA, R.M. Uso de amido em substituição às ceras na elaboração de películas na conservação pós-colheita de frutas e hortaliças; estabelecimento de curvas de secagem. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MANDIOCA, 7., 1992, Recife. **Resumo...** Recife: SBM, 1992.

CEREDA, M.P.; BERTOLINI, A.C.; SILVA, A.P.; OLIVEIRA, M.A.; EVANGELISTA, R.M. Películas de almidón para la preservación de frutas. In: CONGRESSO DE POLIMEROS BIODEGRADABLES: AVANCES Y PERSPECTIVAS, 1995, Buenos Aires. **Anais...** Buenos Aires: [s.n.], 1995.

CHAN JUNIOR, H.T.; KWORK, S.C.M. Nonvolitile acids in lychee. **Journal of Food Science,** Chicago, v.39, n.4, p. 792-793, July/Aug. 1974

CHEN, H.; HUANG, H. China litchi industry: development achievements and problems. **Acta Horticulturae**, Wageningen, v.558, p. 31-39, 2001.

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

CORNFORTH, D. Color: its basis and importance. In: PEARSON, A. M.; DUTSON, T. R. (Org.). **Quality attributes and their measurement in:** meat, poutry and fish products. Glasgow: Chapman & Hall, 1994. cap. 2, p. 34-68.

DUAN, X.W.; JIANG, Y.M.; SU, X.G.; ZHANG, Z.A.; SHI, J. Antioxidant properties of anthocyanins extracted from litchi (Litchi chinensis Sonn.) fruit pericarp tissues in relation to their role in the pericarp browning. **Food Chemistry**, Oxford, v.101, n.4, p.1365-1371, 2007.

ESKIN, N.A.M.; MENDERSON, H.M.; TOWSEND, R.J. **Biochemistry of Foods**. London: Academic, 1971. 293p.

FERNANDEZ, M. A. F. **Influência da modificação atmosférica e de armazenamento sobre a qualidade de pêssego cv. Marli**. 2000. 118 p. Dissertação (Mestrado em Ciências dos Alimentos) - Universidade Federal de Lavras, Lavras.

FERREIRA, D.F. Análise estatística por meio do SISVAR (Sistema para análise de variância) para Windows 4.0. In: REUNIÃO ANUAL DA REGIÃO BRASILEIRA DA SOCIEDADE INTERNACIONAL DE BIOMETRIA, 45., 2002, São Carlos. **Resumos...** Sáo Carlos: UFSCar, 2000. p.255-258.

FINGER, F.L.; VIEIRA, G.; LEDSHAM, L.R. Maturity standard and pericarp browning of litchi fruit. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, Londrina, v.19, n.1, p. 15-18, abr. 1997.

FONSECA, S.C.; OLIVEIRA, F.A.R.; LIN, I.B.M.; BRECHT, J.; CHAU, K.V. Modelling O_2 and CO_2 exchange for development of perforation-mediated modified atmosphere packaging. **Journal of Food Engineering**, Oxford, v.43, n.1, p.9-15, Jan. 2000.

FONTES, V.L.; MOURA, M.A.; VIEIRA, G.; FINGER, F.L. Efeito de filmes plásticos e temperatura de armazenamento na manutenção da cor do pericarpo de lichia. **Revista Brasileira de Armazenamento,** Viçosa, MG, v.24, n.1, p.56-59, 1999.

FRANCIS, F.J. Food colorants: anthocyanins. **Critical Review of Food Science and Nutrition**, Boca Raton, v.28, n.4, p. 273-314, 1989.

FULEKI, T.; FRANCIS, F.J. Quantitative methods for anthocyanins: extraction and determination of total anthocyanin in cranberries. **Journal of Food Science**, Chicago, v.33, n.1, p.72-83, Jan./Fev. 1968.

GASPAR, T.H.; PENEL, C.; THORPE, T.; GREPIN, H. **Peroxidases 1970-1980.** Geneva: Universidade de Geneva. Centre de Botanique, 1982. 342p.

GAUR, G.S.; BAJPAI, P.N. Maturity standards for litchi fruits (*Litchi chinensi* Sonn.)cv. Calcuttia. **Progressive Horticulturae,** Amsterdam, v.9, n.3, p.11-17, 1977.

GONG, Q.Q.; TIAN, S.P. Partial characterization of soluble peroxidase in pericarpo f litchi fruit. **Progress in Biochemistry and Biophysics**, Beijing, v.29, n.6, p.891-896, Dec. 2002.

GROFF, G.W. **The litchi and logan**. New York: Orange Judd, 1921.

HARDEMBURG, R.E. Effect of package environment on keeping quality of fruits and vegetables. **Horticultural Science**, Alexandria, v.9, n.3, p.198-201, June 1971.

HOLCROFT, D.M., MITCHAM, E.J. Postharvest physiology and handling of litchi (*Litchi chinensis* Sonn.). **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v.9, n.3, p.265-281, Dec. 1996.

HUANG, X.M.; WANG, H.C.; YUAN, W.G.; LU, J.M.; YIN, J.H.; LUO, S.; HUANG, H. B. A study of rapid senescence of detached litchi: roles of water loss and calcium. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v.36 n.2, p.177-189, May 2005.

HUANG, P.Y.; SCOTT, K.J. Control of rotting and browning of litchi fruit after harvest at ambient temperatures in China. **Tropical Agriculture,** Trinadad, v.62, n.1, p. 2-4, Jan./Mar. 1985.

HUANG, S.; HART, H.; LEE, H.; WICKER, L. Enzimatic and colour changes during post-harvest storage of lychee fruit. **Journal of Food Science**, Chicago, v.55, n.6, p.1762-1763, Nov./Dec. 1990.

HUYSTEE, R.B. van. Some molecular aspects of plant peroxidase biosynthetic studies. **Annual Review in Food Science and Nutrition**, Palo Alto, v.38, n.1, p.205-217, 1987.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas analíticas, métodos químicos e físicos para a análise de alimentos**. 3.ed. São Paulo, 1985. v.1, 533p.

JAISWAL, B.P.; SAH, N.L.; PRASAD, U.S. Studies on phenolics of rind aril during ripening and senescence of litchi fruits. **Plant Physiology and Biochemistry**, Paris, v.13, n.1, p.40-45, 1986.

JACKMAN, R. L.; SMITH, J. L. Anthocyanins and betalains. In: HENDRY, G.A.F.; HOUGHTON, J.D. (Ed.). **Natural food colorants.** 2nd ed. Londres: Chapman & Hall, 1996. p.245-309.

JIANG, Y.M. Role of anthocyanins, polyphenol oxidase and phenols in lychee pericarp browning. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, London, v.80, n.3, p.305-310, Feb. 2000.

JIANG, Y.M.; CHEN, F. A study on polyamine change and browning of fruit during cold storage of litchi (*Litchi chinensis* Sonn.). **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v.5, n.3, p.245-250, Feb. 1995.

JIANG, Y.M.; DUAN, X.W.; JOYCE, D.; ZHANG, Z.A.; LI, J.R. Advances in understanding of enzymatic browning in harvested litchi fruit. **Food Chemistry**, Oxford, v. 88, n.3, p.443-446, Dec. 2004.

JIANG, Y.M.; FU, J.R. Postharvest browning of litchi fruit by water loss and its preservation by controlled atmosphere storage at high relative humidity. **Lebensmittel Wissenchaft Technologie**, London, v.32, n.5, p.278-283, 1999.

JIANG, Y.M.; SHIINA, T.; NAKAMURA, N.; NAKAHARA, A. Eletrical conductivity evaluation of postharvest strawberry damage. **Journal of Food Science**, Chicago, v.66, n.9, p.1392-1395, Nov./Dec. 2001.

JIANG, Y.M.; YAO, L.H.; LICHTER, A.; LI, J.R. Postharvest biology and technology of litchi fruit. **Journal Food Agriculture Environment**, Helsinki, v.1, n.2, p.76-81, 2003

JOUBERT, A.J. Litchi. In: MONSELISE, S.P. (Ed.). **CRC handbook of fruit set and development**. Boca Raton: CRC, 1986. p.233-246.

JOUBERT, A.J.; LELYVELD, L.J. van. An investigation of pre-harvest browning of litchi peel. **Phytophylactica**, Pretoria, v.7, n.1, p.9-14, 1975.

JU, Z.G.; ZHU, G.L. Research on tissue browning of fruit during storage. **Plant Physiology Communications**, Fujian, v.4, p.46-48, 1988

KHAN, A. A.; ROBINSON, D. S. Hydrogen donor specificity of mango isoperoxidases. **Food Chemistry,** Oxford, v. 49, n. 4, p. 407-410, Dec. 1994.

KRAMER, A. Fruits and vegetables. In: TWIGG, B. A. **Quality control for food industry**. Westport: AVI, 1973. v. 2, p. 157-227.

LEDSHAM, L.R. **Escurecimento pós-colheita da casca e qualidade sensorial de frutos de lichia (*Litchi chinenis* Sonn.)**. 1994. 67p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

LEE, H. S.; WICKER, L. Anthocyanin pigments in the skin of lychee fruit. **Journal of Food Science**, Chicago, v.56, n.2, p.466-468, Mar./Apr. 1991.

LEMMER, D.; KUGRER, F.J. Research on alternative postharvest treatments for litchi fruit. **South Africa Litchi Growers Associatian Yearbook**, v.11, p.37-41, 2000.

LIN, Z. F.; LI, S. S.; ZHANG, D. L.; LIN, G. Z.; LI, Y. B.; LIU, S. X.; CHEN, M. D. The changes of pigments, phenolics contents and activities of polyphenol oxidase and phenylalanine ammonia-lyase in pericarp of postharvest litchi fruit. **Acta Botanica Sinica**, Beijing, v.30, p.40-45, 1988.

LORENZI, H.; BACHER, L.B.; DE LACERDA, M.T.C.; SAROTI, S.F. **Frutas Brasileiras e Exóticas Cultivadas (de consumo *in natura*)**. São Paulo: Instituto Plantarum de Estudos da Flora, 2006.

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

MALACRIDA, C.R.; MOTTA, S. Da. Antocianinas em suco de uva: composição e estabilidade. **Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos,** Curitiba, v.24, n.1, p.59-82 jan./jun. 2006.

MARKAKIS, P. Stability of anthocyanin in food. In MARKAKIS, P. (Ed.). **Anthocyanin as food colour.** New YorK: Academic, 1982. p.163-180.

MARTINEZ, M.V.; WHITAKER, J.R. The biochemistry and control of enzymatic browning. **Trends in Food Science and Technology**, v.6, n.6, June 1995

MARTINS, A.B.G.; BASTOS, D.C.; SCALOPPI JUNIOR, E.J. **Lichieira (*Litchi chinensis* Soon.)**. Jaboticabal: Sociedade Brasileira de Fruticultura, 2001. 48p. (Série de Frutas Potenciais).

McDOUGALL, D. B. Colour of Meat. In: PEARSON, A.M.; DUTSON, T.R. (Org.). **Quality attributes and their measuremente in meat, poutry and fish products**. Glasgow: Chapman & Hall, 1994. cap.3, p.79-92.

MENZEL, C.M. **The lychee crop in Asia and the Pacific**. Bangkok: FAO, 2002.

MENZEL, C.M. The physiology of growth and cropping in lychee. **Acta Horticulturae**, Wageningen, v.558, p.175-184, 2001.

MINOLTA. **Precise color communication**: color control from feeling to instrumentation. Osaka, 1994. 49 p.

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

NUNES, E.E.; VILAS BOAS, B.M.; CARVALHO, G.L.; SIQUEIRA, H.H.; LIMA, L.C.O. Vida útil de pêssegos "Aurora2" armazenados sob atmosfera modificada e refrigerada. **Revista Brasileira de Fruticultura,** Jaboticabal, v.26, n.3, p.438-440, dez. 2004.

OLIVEIRA, M.A. de. **Utilização de películas de fécula de mandioca como alternativa à cera comercial na conservação pós-colheita de frutos de goiaba (*Psidium guayava*) variedade Kumagai.** 1996. 73 p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

PALMU, P.S.T.; PROENÇA, P.S.P.; PASOS, F.A.; GROSSO, C.R.F. Recobrimentos de sementes de brócolos e salsa com coberturas e filmes biodegradáveis. **Bragantia**, Campinas, v.64, n.2, p.291-298, abr./jun. 2005.

PAULL, R.E.; CHEN, N.J. Effect of storage temperature and wrapping on quality characteristics of litchi fruit. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v.33, n.2, p.223-226, Oct. 1987.

PAULL, R.E.; DEPUTY, J.; HUIBAI HUANG, GUIWEN CHENG; FEIFEI GAO. Litchi growth and compositional changes during fruit development. **Journal of the American Society of Horticultural Science,** Amsterdam, v.108, n.6, p. 931-934, Nov. 1984

PAULL, R.E.; MARIA R.Q.R.; MARCELINO, U.R. Sulfite residues on litchi fruit treated with súlfur dioxide. **Postharvest Biology e Technology,** v.14, p.229-233, 1998

PENG, Y.H.; LIN, G.H. Observation on litchi pericarp ultrastructre by SEM. **Journal Fruit Science,** v.16, n.1, p.18-23, 1999.

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

PINHEIRO, A.C.M. **Pós-colheita de bananas 'Maçã' submetidas ao 1-MCP.** 2007. 140p. Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.

REIS, K.C.; ELIAS, H.H.S.; LIMA, L.C.O.; SILVA, J.D.; PEREIRA, J. Pepino japonês (*Cucumis sativus* L.) submetido ao tratamento com fécula de mandioca. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.30, n.3, p.487-493, 2006.

SARNI-MACHADO, P.; LE ROUX, E.; LE GUERNEVE, C.; LOZANO, Y.; CHEINIER, V. Phenolic composition of litchi fruit pericarp. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v.48, n.12, p.5995-6002, Dec. 2000.

SCOTT, K.J.; BROWN, B.I.; CHAPLIN, G.R.; WILCOX, M.E.; BAIN, J.M. The control of rotting and browning of litchi fruits by hot benomyl and plastic film. **Science Horticulturae**, Amsterdam, v.16, p.253-262, 1982.

SHAH, N.S.; NATH, N. Changes in qualities of minimally processed litchis: effect of antibrowning agents, osmo-vacuum drying and moderate vacuum packaging. **Swiss Society of Food Science and Technology,** v.41, p.660-668, 2008.

SHARMA, S.B.; RAY, P.K. Studies on extending post-harvest life of litchi (*Litchi chinensis* Sonn.). **Indian Food Packer**, v.41, n.1, p. 17-20, 1987.

SILVA, F.M.; CHAU, K.V.; BRECHT, J.K.; SARGENT, S.A. Modified atmosphere packaging for mixed loads of horticultural commodities exposed to two postharvest temperatures. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v.17, n.1, p.1-9, 1999.

SIMPSON, K.L.; LEE, T.C., RODRIGUE, J.H.; CHICHESTER, C.O.Metabolism in senenscent and stored tissue. In: T.W. Goodwin (Ed.). **Chemistry and biochemistry of plant pigment**. 2nd ed. New York: Academic, 1976. v.1, p. 128-155.

SINGH, A.B.A.; SRiVASTAVA, S. Variation in quality traits of litchi (*Litchi chinensis* Sonn.) cultivars. **Journal of Food science and Technology,** v.24, n.5, p.264-266. 1987.

SOMOGHY, M.; NELSON, N. Notes on sugar determination. **Journal of Biological Chemistry,** Baltimore, v. 153, n. 2, p. 375-381, 1944.
STROHECKER, R. L.; HENNING, H. M. **Analysis de vitaminas**: métodos comprobados. Madrid: Paz Montalvo, 1967. 428p.

SWAIN T.; HILLIS, W.E. The fenolic constituents of *Prunus domestica* In: The Quantitavive analysis of phenolic constituent. **Journal of Science of Food and Agriculture,** London, v.10, n.1, p.63-68, Jan. 1959.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Plant Physiology.** Benjamin: Cummings, 1999. 792 p.

TANG, X.J.; LI, Y.B. Partial purification and characterization of polyphenol oxidase from litchi pericarp. **Acta Phytophysiologica Sinica**, v.10, n.4, p.339-346, 1984.

TASSOU, C.C.; BOZIARIS, J.S. Survival of *Salmonella enteritidis* and changes in pH and organic acids in grated carrots inoculated or not inoculated whit *Lactobacillus* sp. and stored under different atmosphere at 4ºC. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, London, v.82, n.10, p.1122-1127, Aug. 2002.

TAYLOR, J.E. Exotics. In: SEYMOUR, G.B.; TAYLOR, J.E.; TUCKER, G.A. (Ed.). **Biochemistry of fruit ripening**. London: Chapman and Hall, 1993.

TINDALL, H.D. Sapindaceus fruits: botany and horticulture. **Horticultural Review**, New York, v.16, p.143-196, 1994

UNDERHILL, S.J.R. Lychee (*Litchi chinensis* Sonn.) pericarp browning. **Tropical Science**, v.32, p.305-312, 1992.

UNDERHILL, S.J.R.; CRITCHLEY, C. Cellular localization of polyphenoloxidase and peroxidase activity in *Litchi chinensis* Sonn. pericarp. Australian **Journal of Plant Physiology,** v.22, p.627-632, 1995.

UNDERHILL, S.J.R.; CRITCHLEY, C. Anthocyanin decolorisation and its role in lychee pericarp browning**. Australian Journal of Experimental Agriculture**, v.34, p.115-122, 1994.

UNDERHILL, S.J.R.; CRITCHLEY, C. Anthocyanin pH regulation and its role in postharvest browning of lychee pericarp. In: ANNUAL GENERAL MEETING OF THE AUSTRALIAN SOCIETY FOR PLANT PHYSIOLOGY, 30., 1990. Edmonton. **Proceedings…** Edmonton: University of New South Wales, 1990. (Abstract, 113).

VICENTINI, N.M.; CASTRO, T.M.R. DE; CEREDA, M.P. Influência de películas de fécula de mandioca na qualidade pós-colheita de frutos de pimentão (*Capsicum annuum* L.). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.19, n.1, p.127-130, jan./abr. 1999.

VIEIRA, G.; FINGER, F.L.; AGNES, E.L. Growth and development biosynthetic studies. **Annual Review of Plant Physiology**, Palo Alto, v.38, p.205-217, 1996.

WHITAKER, J.R. **Principles of enzymology for food science**. New York: M. Dekker, 1972. 636p.

WONG, L.S.; JACOBI, K.K.; GILES, J.E. The influence of hot benomyl on the appearance of stored lychee (*Litchi chinensis* Soon.). **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v.46, n.3-4, p.245-251, Apr. 1991.

WU Z.X.; SU, M.X.; CHEN, W.X. Research advance on mechanism of litchi browning. In: CHINA AGRICULTURAL PRODUCTS STORING AND PROCESSING TECHNICAL ANNALS, 1997, Beijing. **Proceedings**… Beijing: China Agricultural University, 1997. p.294-302.

WU Z.X.; SU, M.X.; CHEN, W.X. A study of some physiological and biochemical changes during browning of litchi fruit. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON POSTHARVEST SCIENCE AND TECHNOLOGY OF HORTICULTURAL CROPS, 1995, Beijing. **Proceedings…** Beijing: China Agricultural University, 1995. p.221-227.

YAMANISHI, O.K.; MACHADO, J.A.; KAWATI, R. Overview of litchi production in São Paulo state Brasil. **Acta Horticulturae**, Wageningen, v.558, p.59-62, 2001.

ZAUBERMAN, G.; RONEN, R.; AKERMAN, M.; WEKSLER, A.; ROT, I.; FUCHS, Y. Postharvest retention of the red colour of litchi fruit pericarp. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v.46, n.1-2, p.89-97, June 1991.

ZHANG, Z.Q.; PANG, X. Q.; YANG, C.; JI, Z. L.; JIANG, Y. M. Purification and structural analysis of anthocyanins from litchi pericarp. **Food Chemistry**, Oxford, v.84, n.4, p.601-604, Mar. 2004.

ZHANG, D. L.; QUANTICK, P. C.; GRIGOR, J. M. Changes in phenolic compounds in Litchi (*Litchi chinensis* Soon.) fruit during postharvest storage. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v.19, n.2, p.165-172, June 2000.

ZHENG, X.L.; TIAN, S.P. Effect of oxalic acid on control of postharvest browning in litchi fruit. **Food Chemistry,** Oxford, v.96, n.4, p.519-523, 2006.

ANEXOS

Página

TABELA 1A Resumo da análise de variância para testes realizados no fruto inteiro: perda de massa (PM), escurecimento visual (EV), parâmetros de cor L* (CL), a* (CA) e croma (CR) de lichias submetidas a diferentes tipos de embalagens (C – controle, F – filme, FP – filme perfurado e FM – fécula de mandioca) durante seis dias de armazenamento em temperatura ambiente..... 67

TABELA 2A Resumo da análise de variância para testes realizados na casca: pH (pHc), peroxidase (POD), polifenoloxidase (PPO), e antocianina (An) de lichias submetidas a diferentes tipos de embalagens (C – controle, F – filme, FP – filme perfurado e FM – fécula de mandioca) durante seis dias de armazenamento em temperatura ambiente..... 67

TABELA 3A Resumo da análise de variância para teste realizados na polpa: sólidos solúveis (SS), açúcares totais (AçT), açúcares redutores (AçR) e sacarose (Sac) de lichias submetidas a diferentes tipos de embalagens (C – controle, F – filme, FP – filme perfurado e FM – fécula de mandioca) durante seis dias de armazenamento em temperatura ambiente..... 68

TABELA 4A Resumo da análise de variância para testes realizados na polpa: ácido ascórbico (AA), acidez titulável (AT), fenólicos totais da polpa (Fp) e pH da polpa (pHp) de lichias submetidas a diferentes tipos de embalagens (C –

controle, F – filme, FP – filme perfurado e FM – fécula de mandioca) durante seis dias de armazenamento em temperatura ambiente..... 68

TABELA 1A. Resumo da análise de variância para testes realizados no fruto inteiro: perda de massa (PM), escurecimento visual (EV), parâmetros de cor L* (CL), a* (CA) e croma (CR) de lichias submetidas a diferentes tipos de embalagens (C – controle, F – filme, FP – filme perfurado e FM – fécula de mandioca) durante seis dias de armazenamento em temperatura ambiente.

		Quadrados Médios e Significância do teste de F				
FV	**GL**	**PM**	**EV**	**CL**	**CA**	**CR**
E	3	443.4287*	18.718019*	17.8291*	229.9232*	286.1398*
T	3	94.3077*	8.384308*	17.3850*	196.9336*	207.9624*
E x T	9	12.4079*	1.383675*	3.3597*	49.0840*	45.8265*
Erro	48	4.4710	0.041719	1.1434	2.0466	2.4216
CV	%	28.67	7.73	2.51	6.57	6.33

*Teste de F significativo, a 5% de probabilidade

TABELA 2A. Resumo da análise de variância para testes realizados na casca: pH (pHc), peroxidase (POD), polifenoloxidase (PPO), e antocianina (An) de lichias submetidas a diferentes tipos de embalagens (C – controle, F – filme, FP – filme perfurado e FM – fécula de mandioca) durante seis dias de armazenamento em temperatura ambiente.

		Quadrados Médios e Significância do teste de F				
FV	**GL**	**pHc**	**POD**	**PPO**	**An**	**Fc**
E	3	0.0172	2451278.3*	1319.68 *	937.080368*	6.784776*
T	3	0.1457*	164005155.7*	160398.5*	2994.750202*	2019.763192*
E x T	9	0.0073	2989433.0*	5623.1*	240.329172*	58.610806*
Erro	48	0.0069	48277.5	38.8	8.601455	13.104114
CV	%	1.80	6.23	7.65	4.04	5.32

*Teste de F significativo, a 5% de probabilidade

TABELA 3A. Resumo da análise de variância para teste realizados na polpa: sólidos solúveis (SS), açúcares totais (AçT), açúcares redutores (AçR) e sacarose (Sac) de lichias submetidas a diferentes tipos de embalagens (C – controle, F – filme, FP – filme perfurado e FM – fécula de mandioca) durante seis dias de armazenamento em temperatura ambiente.

		Quadrados Médios e Significância do teste de F			
FV	**GL**	**SS**	**AçT**	**AçR**	**Sac**
E	3	0.3627*	4.699554*	4.784214*	2.013410*
T	3	1.0535*	4.124625*	8.347068*	7.492168*
E x T	9	0.0878	1.133765	0.642536*	0.340006*
Erro	48	0.0834	0.655424	0.085268	0.056496
CV	%	1.84	6.14	3.02	6.61

*Teste de F significativo, a 5% de probabilidade

TABELA 4A. Resumo da análise de variância para testes realizados na polpa: ácido ascórbico (AA), acidez titulável (AT), fenólicos totais da polpa (Fp) e pH da polpa (pHp) de lichias submetidas a diferentes tipos de embalagens (C – controle, F – filme, FP – filme perfurado e FM – fécula de mandioca) durante seis dias de armazenamento em temperatura ambiente.

		Quadrados Médios e Significância do teste de F			
FV	**GL**	**AA**	**AT**	**Fp**	**pHp**
E	3	10.433219*	0.0305	0.016818*	0.1359*
T	3	196.209273*	1.0731*	0.265943*	0.9516*
E x T	9	12.135074*	0.0755	0.016478*	0.0244*
Erro	48	3.570364	0.0585	0.002322	0.0151
CV	%	8.44	10.99	3.25	2.49

*Teste de F significativo, a 5% de probabilidade

Livros Grátis

(http://www.livrosgratis.com.br)

Milhares de Livros para Download:

Baixar livros de Administração
Baixar livros de Agronomia
Baixar livros de Arquitetura
Baixar livros de Artes
Baixar livros de Astronomia
Baixar livros de Biologia Geral
Baixar livros de Ciência da Computação
Baixar livros de Ciência da Informação
Baixar livros de Ciência Política
Baixar livros de Ciências da Saúde
Baixar livros de Comunicação
Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE
Baixar livros de Defesa civil
Baixar livros de Direito
Baixar livros de Direitos humanos
Baixar livros de Economia
Baixar livros de Economia Doméstica
Baixar livros de Educação
Baixar livros de Educação - Trânsito
Baixar livros de Educação Física
Baixar livros de Engenharia Aeroespacial
Baixar livros de Farmácia
Baixar livros de Filosofia
Baixar livros de Física
Baixar livros de Geociências
Baixar livros de Geografia
Baixar livros de História
Baixar livros de Línguas

Baixar livros de Literatura
Baixar livros de Literatura de Cordel
Baixar livros de Literatura Infantil
Baixar livros de Matemática
Baixar livros de Medicina
Baixar livros de Medicina Veterinária
Baixar livros de Meio Ambiente
Baixar livros de Meteorologia
Baixar Monografias e TCC
Baixar livros Multidisciplinar
Baixar livros de Música
Baixar livros de Psicologia
Baixar livros de Química
Baixar livros de Saúde Coletiva
Baixar livros de Serviço Social
Baixar livros de Sociologia
Baixar livros de Teologia
Baixar livros de Trabalho
Baixar livros de Turismo