

**Universidade de São Paulo
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”**

Conservação pós-colheita de lichia (*Litchi chinensis* Sonn.)

Juan Saavedra del Aguila

Tese apresentada para obtenção do título de
Doutor em Agronomia. Área de concentração:
Fitotecnia.

**PIRACICABA
2009**

Livros Grátis

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

Juan Saavedra del Aguila
Engenheiro Agrônomo

Conservação pós-colheita de lichia (*Litchi chinensis* Sonn.)

Orientador:
Prof. Dr. RICARDO ALFREDO KLUGE

Tese apresentada para obtenção do título de Doutor em
Agronomia. Área de Concentração: Fitotecnia.

Piracicaba
2009

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
DIVISÃO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - ESALQ/USP**

Saavedra del Aguila, Juan
Conservação pós-colheita de lichia (*Litchi chinensis* Sonn.) / Juan Saavedra del Aguila.
- - Piracicaba, 2009.
162 p. : il.

Tese (Doutorado) - - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2009.
Bibliografia.

1. Conservação de alimentos pelo frio 2. Enzimas 3. Frutas tropicais 4. Pós-colheita
5. Respiração vegetal 6. Vitamina C I. Título

CDD

634.6

S112c

“Permitida a cópia total ou parcial deste documento, desde que citada a fonte – O autor”

A Deus Supremo

Ao meu filho Juan Vinicius Sichmann del Aguila

À minha esposa Lília Sichmann Heiffig del Aguila

Aos meus pais Jorge Ernesto (*in memoriam*) e Belén

Às minhas irmãs Leslie e Nora Katia

OFEREÇO E DEDICO

“Porque a ciência não é somente a procura pela verdade, não é somente um jogo desafiador, ou uma profissão. Ela é uma vida levada por diversas pessoas, coletivamente, como em uma escola onde se aprende a viver em sociedade, da forma mais coletiva possível, onde somos membros uns dos outros”.

Oliver Smithies

AGRADECIMENTOS

A todos, que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho:

Ao meu orientador, Prof. Dr. Ricardo Alfredo Kluge pela orientação, estímulo, incentivo, ajuda e, principalmente, pela confiança e amizade;

Ao Prof. Dr. Edwin Moises Marcos Ortega, pela amizade e colaboração na parte estatística desta pesquisa;

Ao Prof. Dr. Angelo Pedro Jacomino por possibilitar a utilização da estrutura do Laboratório de Pós-colheita de Produtos Hortícolas, pertencente ao Departamento de Produção Vegetal da USP/ESALQ;

Aos pesquisadores: Dr. Peter Hofman, Sr. Terrence Campbell, Dr. José Roberto Marques, Sra. Barbara Stubbings e Sra. Leanne Taylor, equipe do Postharvest Laboratory, Horticulture and Forestry Sciences, pertencente ao Department of Primary Industries and Fisheries (DPI & F), Maroochy Research Station, cidade de Nambour, estado de Queensland, na Austrália, pelo apoio prestado no experimento final do presente trabalho;

Aos professores do curso de Pós-graduação em Fitotecnia da USP/ESALQ, pelos valiosos ensinamentos e amizade, em especial aos Profs. Drs. José Dias Costa e Marcos Silveira Bernardes;

A Maria das Graças Ongarelli, ex-técnica do Laboratório de Fisiologia e Bioquímica Pós-colheita;

A minha esposa, Lília Sichmann Heiffig del Aguila, pela revisão deste trabalho, paciência, ajuda, amizade e amor brindado;

Aos colegas do curso de pós-graduação em Fitotecnia, em especial ao Guy Mitsuyuki Tsunamuna e ao Cláudio Roberto Segatelli pelo convívio, incentivo, companheirismo e amizade;

Aos colegas de Laboratório: Daniela Cristina Clemente Vitti, Maria Carolina Dario Vitti, Maria Luiza Lye Jomori, Felipe De Angelis Terra, Diego Garcia Chiou, Fernanda Aparecida Maia, Fernando Kazuhiro Edagi, Ivan Sestari, Thales Sandoval Cerqueira, Andressa Picoli, Silce Adeline Danelon Guassi, Carla F. Richieri, Francine Pupin, Patrícia Miguel, Beatriz Giro, Daniele Bezerra Faria, Suzana Maria Cabral, Juliano Meneghini, Marcos Trevisan e especialmente a Fabiana Fumi Sasaki, pela amizade e apoio nos experimentos;

Ao PPG em Fitotecnia, à Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” e à Universidade de São Paulo, pela oportunidade;

À Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), pela concessão da bolsa de doutorado, Processo nº 04/15153-8;

Ao povo brasileiro pela sua hospitalidade.

SUMÁRIO

RESUMO	09
ABSTRACT	10
RESUMEN	11
1 INTRODUÇÃO	12
Referências	13
2 EFEITO DA TEMPERATURA DE ARMAZENAMENTO NA QUALIDADE DE LICHIA	15
Resumo	15
Abstract	16
2.1 Introdução	17
2.2 Desenvolvimento	18
2.2.1 Revisão Bibliográfica	18
2.2.2 Material e Métodos	20
2.2.3 Resultados e Discussão	24
2.3 Conclusão	40
Referências	41
3 AVALIAÇÃO DE EMBALAGENS NA QUALIDADE DE LICHIA ARMAZENADA SOB REFRIGERAÇÃO	45
Resumo	45
Abstract	46
3.1 Introdução	47
3.2 Desenvolvimento	47
3.2.1 Revisão Bibliográfica	47
3.2.2 Material e Métodos	48

3.2.3 Resultados e Discussão	50
3.3 Conclusão	65
Referências	66
4 EFEITO DE ANTIOXIDANTES NA CONSERVAÇÃO DE LICHIA	68
Resumo	68
Abstract	69
4.1 Introdução	70
4.2 Desenvolvimento	70
4.2.1 Revisão Bibliográfica	70
4.2.2 Material e Métodos	72
4.2.3 Resultados e Discussão	73
4.3 Conclusão	88
Referências	89
5 EFEITO DO CLORETO DE CÁLCIO SOBRE A QUALIDADE DE LICHIAS REFRIGERADAS	93
Resumo	93
Abstract	94
5.1 Introdução	95
5.2 Desenvolvimento	96
5.2.1 Revisão Bibliográfica	96
5.2.2 Material e Métodos	98
5.2.3 Resultados e Discussão	99
5.3 Conclusão	111
Referências	112

6	EFEITO DE DIFERENTES RECOBRIMENTOS SOBRE A QUALIDADE DE LICHIAS REFRIGERADAS	115
	Resumo	115
	Abstract	116
6.1	Introdução	117
6.2	Desenvolvimento	118
6.2.1	Revisão Bibliográfica	118
6.2.2	Material e Métodos	119
6.2.3	Resultados e Discussão	120
6.3	Conclusão	137
	Referências	138
7	EFEITO DO PRÉ-RESFRIAMENTO SOBRE A QUALIDADE DE LICHIA ‘B3’ REFRIGERADA	141
	Resumo	141
	Abstract	142
7.1	Introdução	143
7.2	Desenvolvimento	143
7.2.1	Revisão Bibliográfica	143
7.2.2	Material e Métodos	145
7.2.3	Resultados e Discussão	146
7.3.	Conclusão	153
	Referências	154
8	CONSIDERAÇÕES GERAIS	156
	ANEXOS	158

RESUMO

Conservação pós-colheita de lichia (*Litchi chinensis* Sonn.)

Este trabalho teve como objetivo determinar e avaliar as respostas físico-químicas, fisiológicas, bioquímicas e sensoriais associadas às técnicas de conservação pós-colheita de lichia, sendo que para isso foram realizados seis experimentos. No primeiro experimento, foi estudado o efeito da temperatura de armazenamento (0, 5, 10, 15 e 20°C) em lichias ‘Bengal’ por 15 dias. A taxa respiratória e a produção de etileno foram significativamente influenciadas pela temperatura de armazenamento, sendo que o aumento da temperatura ocasionou maiores perdas de sólidos solúveis totais (°Brix), ácido ascórbico e aparência. Conclui-se que as temperaturas de 0°C e 5°C são as mais indicadas para a conservação de lichia durante 15 dias, nas condições do presente experimento. No segundo experimento, avaliaram-se embalagens de filme de policloreto de vinila (PVC) (12, 14 e 17 µm de espessura); filmes plásticos de polietileno de baixa densidade (PEBD) de 10 e 20 µm; filmes plásticos de polipropileno (PP) de 0,06 e 10 µm; e embalagens de tereftalato de polietileno (PET), em lichias ‘Bengal’ armazenadas a 5°C e 90% UR por 15 dias. Os filmes PP de 0,06 e 10 µm, assim como os filmes PEBD de 10 e 20 µm, apresentaram reduções drásticas dos teores de O₂ e aumentos significativos de CO₂. Para as condições deste trabalho conclui-se que os filmes de policloreto de vinila (PVC) de 12, 14 e 17 µm e a embalagem de tereftalato de polietileno (PET) são os melhores filmes ou embalagens para o armazenamento de lichias a 5°C durante 15 dias. No terceiro experimento foi estudado o efeito da aplicação de diferentes antioxidantes na conservação de lichias ‘Bengal’ armazenadas a 5°C e 90% UR por 15 dias. Verificou-se que o tratamento com ácido cítrico reduz a taxa respiratória de lichia durante o armazenamento a 5°C. Entretanto, nenhum dos antioxidantes testados foi eficiente para minimizar o escurecimento do pericarpo das lichias durante o armazenamento refrigerado. O quarto experimento avaliou o efeito da aplicação de diferentes concentrações de cloreto de cálcio (CaCl₂) sobre lichias ‘Bengal’ armazenadas a 5°C e 90% UR por 15 dias. Conclui-se que o cloreto de cálcio reduz a taxa respiratória de lichias armazenadas a 5°C, mas não é eficiente para minimizar a perda da coloração vermelha do pericarpo destes frutos durante o armazenamento refrigerado. No quinto experimento foi estudado o efeito da aplicação de diferentes recobrimentos na qualidade de lichias ‘Bengal’ armazenadas a 5°C e 90% UR por 15 dias. Conclui-se que nenhum dos recobrimentos ou ceras testados minimizou a perda de qualidade de lichias armazenadas a 5°C por 15 dias. O sexto experimento avaliou diferentes tempos e temperaturas de resfriamento rápido com água em lichias ‘B3’ por 10 dias. Nas condições deste experimento, conclui-se que o pré-resfriamento da lichia com água auxilia na minimização da perda de qualidade destes frutos, mas favorece o surgimento de altos índices de podridões.

Palavras-chave: Refrigeração; Respiração; Etileno; Enzimas; Escurecimento; Vitamina C

ABSTRACT

Postharvest storage of lychee (*Litchi chinensis* Sonn.)

The purpose of the present work was carried out with the objective to determine and to evaluate the physicochemical, physiological, biochemical and sensorial answers associated to the techniques of postharvest lychee conservation, and for that six experiments were evaluated. In the first experiment, the effect of the storage temperature (0, 5, 10, 15 and 20°C) was evaluated in lychees 'Bengal' for 15 days. The respiratory rate and ethylene production were influenced significantly by the storage temperature, and the increase of the storage temperature caused more losses of soluble solids (°Brix), ascorbic acid and appearance. Temperatures of 0 and 5°C are recommended for lychee conservation for 15 days, in the conditions of the present experiment. In a second experiment, packages of polyvinyl chloride (PVC) films (12, 14 and 17 µm thickness) were evaluated; low density polyethylene (LDPE) films of 10 and 20 µm; polypropylene (PP) plastics films of 0,06 and 10 µm; and polyethylene terephthalate (PET) packages, in lychee 'Bengal' stored at 5°C and 90% RH during 15 days. The films PP 0,06 and 10 µm, as well as the films PEBD 10 and 20 µm, presented drastic reductions of the tenors of O₂ and significant increases of CO₂. For the conditions of this work it was concluded that the polyvinyl chloride (PVC) films of 12, 14 and 17 µm and the packing of polyethylene terephthalate (PET) are the best films or packages for the lychee 'Bengal' storage at 5°C for 15 days. The third experiment studied the effect of the application of different antioxidants in the conservation of lychees 'Bengal' stored at 5°C and 90% HR during 15 days. It was verified that the treatment with citric acid reduces the respiratory rate of lychee during the storage at 5°C. However, none of the tested antioxidants was efficient to minimize the pericarp browning of the lychees during the cold stored. The fourth experiment evaluated the effect of the application of different concentrations of chloride of calcium (CaCl₂) on lychees 'Bengal' stored at 5°C and 90% HR during 15 days. It was concluded that the chloride of calcium reduces the respiratory rate of lychees stored at 5°C, but it is not efficient to minimize the red coloration pericarp loss of these fruits during the cold stored. In the fifth experiment it was studied the effect of the application of different coatings in the lychees 'Bengal' quality stored at 5°C and 90% HR during 15 days. It was concluded that none of the coatings or waxes tested minimized the of lychees quality loss stored at 5°C during 15 days. The sixth experiment evaluated different times and temperatures of hydrocooling in lychees 'B3' for 10 days. In the conditions of this experiment, it was concluded that the hydrocooling of the lychee aids in the minimization of the loss of fruit quality, but it favors the appearance of high indexes of rotteness.

Keywords: Cold stored; Respiration; Ethylene; Enzymes; Browning; Vitamin C

RESUMEN

Conservación postcosecha de litchi (*Litchi chinensis* Sonn.)

El objetivo del presente trabajo fue determinar y evaluar las respuestas físico-químicas, fisiológicas, bioquímicas y sensoriales asociadas a las técnicas de conservación postcosecha de litchi, a este efecto se realizaron seis experimentos. En el primer experimento, fue estudiado el efecto de la temperatura de almacenamiento (0, 5, 10, 15 y 20°C) en litchis 'Bengal' durante 15 días. La tasa respiratoria y la producción de etileno fueron significativamente influenciados por la temperatura de almacenamiento, con el aumento de la temperatura se registro mayores pérdidas de los sólidos solubles totales (°Brix), ácido ascórbico y apariencia. Se concluye que las temperaturas de 0°C y 5°C son las más indicadas para la conservación de litchi durante 15 días, bajo las condiciones del presente experimento. En el segundo experimento, se evaluaron embalajes de filmes de policloruro de vinilo (PVC) (12, 14 y 17 μm de espesura); bolsas de polietileno de baja densidad (LDPE) de 10 y 20 μm ; bolsas de polipropileno (PP) de 0,06 y 10 μm ; y embalajes de tereftalato de polietileno (PET), en litchis 'Bengal' almacenados a 5°C y 90% HR durante 15 días. Las bolsas de PP de 0,06 y 10 μm , así como las bolsas de LDPE de 10 y 20 μm , presentaron reducciones drásticas de las concentraciones de oxígeno (O_2) y un aumento significativo de dióxido de carbono (CO_2). Para las condiciones de este trabajo se concluye que los filmes de policloruro de vinilo (PVC) de 12, 14 y 17 μm y el embalaje de tereftalato de polietileno (PET) son los mejores filmes ó embalajes para el almacenamiento de litchis a 5°C durante 15 días. En el tercer experimento fue estudiado el efecto de la aplicación de diferentes antioxidantes en la conservación de litchis 'Bengal' almacenados a 5°C y 90% HR durante 15 días. Se verifico que el tratamiento con ácido cítrico redujo la tasa respiratoria del litchi durante el almacenamiento a 5°C. Entretanto, ninguno de los antioxidantes estudiados fueron eficientes para minimizar el pardeamiento del pericarpio de litchis durante el almacenamiento refrigerado. El cuarto experimento evaluó el efecto de la aplicación de diferentes concentraciones de cloruro de calcio (CaCl_2) sobre litchis 'Bengal' almacenadas a 5°C y 90% HR durante 15 días. Se concluye que el cloruro de calcio reduce la tasa respiratoria de litchis almacenados a 5°C, pero no es eficiente para minimizar la pérdida del color rojo del pericarpio de estos frutos durante el almacenamiento refrigerado. En el quinto experimento fue estudiado el efecto de la aplicación de diferentes recubrimientos en la calidad de litchis 'Bengal' almacenados a 5°C y 90% HR durante 15 días. Se concluye que ninguno de los recubrimientos ó ceras estudiados minimizó la pérdida de calidad de litchis almacenados a 5°C durante 15 días. En el sexto experimento se estudio diferentes tiempos y temperaturas de enfriamiento rápido con agua en litchis 'B3' durante 10 días. Bajo las condiciones de este experimento, se concluye que el enfriamiento rápido del litchi con agua auxilia en la minimización de la pérdida de la calidad de estos frutos, pero favorece el surgimiento de altos índices de pudriciones.

Palabras clave: Refrigeración; Respiración; Etileno; Enzimas; Pardeamiento; Vitamina C

1 INTRODUÇÃO

Da família *Sapindaceae*, a *Litchi chinensis* Sonn. é originária da China meridional, onde é considerada a fruta nacional. O primeiro registro de seu cultivo e consumo data de 140 a 86 a.C., na dinastia Han e nas citações do século VIII (GOMES, 1983; MANICA, 2002; MENZEL; WAITE, 2005). As primeiras lichias foram introduzidas no Brasil por volta de 1810, tendo sido plantadas no Jardim Botânico do Rio de Janeiro (GOMES, 1983).

O fruto da lichieira ainda não é tão conhecido pelo consumidor brasileiro e o mercado potencial é enorme devido às qualidades dos frutos e da época de comercialização no fim do ano. Entretanto, a lichia tem boa aceitação em todo o mundo e há interesses inclusive de países produtores, devido à oferta de frutos fora de época ou na entressafra. Essa fruta tem uma grande aceitação na Europa e nos Estados Unidos.

Além da China, os maiores países importadores são Estados Unidos, Itália, Inglaterra, Holanda e Canadá, com uma produção própria de apenas 16% do total consumido e com a importação de 84% da quantidade consumida (MANICA, 2002).

Entre os anos de 1995 e 1996, a área cultivada com lichia no Estado de São Paulo era de 347 hectares, sendo 'Bengal' a principal variedade cultivada (MANICA, 2002).

Entre os anos de 1999 a 2008, os preços pagos por caixeta de 3,5 kg de lichia na Central de Abastecimento de São Paulo (CEAGESP) variaram entre R\$ 12,00 e 70,00. Atualmente, a produção nacional é vendida, em sua totalidade, internamente.

As quantidades anuais comercializadas na CEAGESP apresentaram aumento de 9.401 caixetas de 3,5 kg em 1994, para 530.286 caixetas em 2004, a um preço médio neste último ano citado de R\$ 22,66 (MARTINS, 2005).

O fruto é uma drupa, que apresenta polpa translúcida (arilo), doce e succulenta; seu pericarpo tem uma cor vermelha muito atrativa. Porém, uma vez colhido e mantido sob condições ambientais, perde todas estas qualidades em apenas dois dias. Esta curta vida pós-colheita limita grandemente a comercialização desta fruta (HUANG; XU, 1983; PAULL; CHEN, 1987; HUANG, 2002).

Segundo Manica (2002), no que se refere ao valor alimentício, a lichia fornece de 65 a 80 cal $100g^{-1}$, de 12 a 21% de açúcares, de 0,8 a 0,9% de proteínas, além de ser uma boa fonte de vitamina C (40-90 mg $100g^{-1}$).

A alta perecibilidade dos frutos e a rápida perda pós-colheita de sua atrativa cor vermelha são os maiores problemas para sua comercialização, uma vez que os mercados interno e, principalmente, externo, rejeitam frutos escurecidos. Neste sentido, para poder aumentar a vida útil das frutas, empregam-se métodos e tratamentos que diminuam a intensidade da respiração aeróbica, diminuam a população microbiana, reduzam a perda de umidade pelos tecidos, minimizem os danos mecânicos, inibam ou retardem a ação das enzimas e as reações de descoloração, e atrasem o amadurecimento e a senescência (WILEY, 1994).

Segundo Menzel (2002), utilizando-se técnicas corretas para minimizar a desidratação e o ataque de patógenos aos frutos, unidas a uma manipulação adequada na fase de pós-colheita, a lichia pode manter-se com uma boa qualidade durante um tempo de armazenamento que varia de duas a três semanas. Olesen; Wiltshire McConchie (2003) obtiveram frutos com boa qualidade de comercialização por duas semanas de armazenamento, em temperaturas de 5 e 10°C.

No Brasil, apesar de ser um fruto que tem despertado grande interesse, o conhecimento acerca de diversos processos metabólicos e fisiológicos associados com as técnicas de conservação pós-colheita da lichia ainda é limitado. Surge daí a necessidade do conhecimento das principais transformações físicas, fisiológicas e bioquímicas destes frutos, como suporte para a aplicação de tecnologias adequadas de conservação pós-colheita, que não só contribuam para a redução das perdas pós-colheita, como também, para um maior desenvolvimento da fruticultura no Brasil.

Sendo assim, o presente trabalho teve como objetivo determinar respostas físicas, fisiológicas, bioquímicas e sensoriais associadas ao uso de técnicas de conservação pós-colheita de lichia, visando menor perda de qualidade e maior capacidade de conservação.

Referências

GOMES, P. **Fruticultura Brasileira**. São Paulo: Nobel, 1983. 446p.

HUANG, H.; XU, J. The developmental patterns of fruit tissues and their correlative relationships in *Litchi chinensis* Sonn. **Scientia Horticulturae**, Netherlands, v.19, n.3-4, p.335-342, 1983.

HUANG, X.M. **Lychee production in China**. In: PAPADEMETRIOU, M.K.; DENT, J.F. (Ed.). *Lychee Production in the Asia-Pacific Region*. Bangkok, Thailand: Food and Agricultural Organization of the United Nations, 2002. p.41-54.

MANICA, I. **Frutas nativas, silvestres e exóticas 2**. Técnicas de produção e mercado: Feijoa, figo-da-índia, fruta-pão, jaca, lichia, mangaba. Porto Alegre: Cinco Continentes, 2002. 541p.

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

MENZEL, C. **The Lychee Crop in Asia and the Pacific**. Bangkok, Thailand: Food And Agriculture Organization of the United Nations, Regional Office for Asia and the Pacific, 2002. 115p.

MENZEL, C.M.; WAITE, G.K. **Litchi and Longan: Botany, Production and Uses**. UK: CABI Publishing, 2005. 305p.

OLESEN, T.; WILTSHIRE, N.; McCONCHIE, C. **Improved post-harvest handling of lychee**. Queensland, Australian: Rural Industries Research and Development Corporation, 2003. 86p.

PAULL, R.E.; CHEN, N.J. Effect of storage temperature and wrapping on quality characteristics of litchi fruit. **Scientia Horticulturae**, Netherlands, v.33, n.3-4, p.223-236, 1987.

WILEY, R.C. **Minimally processed refrigerated fruits and vegetables**. New York: Chapman & Hall, 1994. 368p.

2 EFEITO DA TEMPERATURA DE ARMAZENAMENTO NA QUALIDADE DE LICHIA

Resumo

Este experimento visou determinar a melhor temperatura de armazenamento para lichias 'Bengal'. Foram testadas cinco diferentes temperaturas de armazenamento (0, 5, 10, 15 e 20°C). Os frutos foram avaliados a cada 3 dias por um período de 15 dias de armazenamento. O delineamento experimental foi inteiramente ao acaso, com esquema fatorial de 5 x 6 (temperatura x tempo). Foram determinados: taxa respiratória, produção de etileno, Q_{10} , perda de massa fresca, sólidos solúveis totais (SST), pH, acidez titulável (AT), "ratio" (SST/AT), teor de ácido ascórbico, coloração (L^* , a e b), análise sensorial (aparência), atividades específicas das enzimas fenilalanina amônia-liase (PAL), peroxidase (POD) e polifenoloxidase (PPO). A temperatura de armazenamento teve efeito significativo na taxa respiratória e na produção de etileno dos frutos. O Q_{10} variou de 0,5 a 4,5. A temperatura de armazenamento teve influência sobre os parâmetros físico-químicos dos frutos, sendo que, quanto mais elevada a temperatura de armazenamento, maiores foram as perdas de SST e ácido ascórbico. O aumento da temperatura resultou em queda na qualidade dos frutos, analisada através da aparência. As temperaturas de 0°C e 5°C foram as mais indicadas para a conservação de lichias pelo período de 15 dias.

Palavras-chave: *Litchi chinensis* Sonn.; Refrigeração; Respiração; Fruto não-climatérico

EFFECT OF THE STORAGE TEMPERATURE IN LYCHEE QUALITY

Abstract

This experiment was carried out with the objective to determine the best storage temperature for lychees 'Bengal'. Five different storage temperatures were studied (0, 5, 10, 15 and 20°C). The fruits were evaluated every 3 days for 15 days of storage. It was used the completely randomized design, with factorial 5 x 6 (temperature x time). Respiratory rate, ethylene production, Q_{10} , weight loss, soluble solids (SS), pH, titratable acidity (TA), ratio (SS/TA), ascorbic acid content, color (L^* , a and b), sensorial analysis (appearance), specific activity of the phenylalanine ammonia-lyase (PAL), peroxidase (POD) and polyphenol oxidase (PPO) enzymes were evaluated. The storage temperature had significant effect in respiratory rate and in ethylene production of the fruits. Q_{10} varied from 0.5 to 4.5. The storage temperature had influence on the physicochemical parameters of the fruits, and, the higher storage temperature, the highest losses of SS and ascorbic acid were observed. The increase of the temperature resulted in loss of quality fruits, analyzed for the appearance. Temperatures of 0°C and 5°C are recommended for the maintenance of quality in lychees fruit during 15 days.

Keywords: *Litchi chinensis* Sonn.; Cooling; Respiration; Non-climacteric fruit

2.1 Introdução

A lichia (*Litchi chinensis* Sonn.) é nativa da região compreendida entre o sul da China e o norte do Vietnã, onde é cultivada há mais de 3000 anos. Mais recentemente esta sendo cultivada em alguns países de climas sub-tropicais. O fruto é muito conhecido e apreciado na Ásia, onde se concentra cerca de 95% da área mundial da cultura, tendo duplicado a sua produção entre os anos de 1999 a 2001, passando de 950.000 toneladas para 2 milhões de toneladas de frutos neste período, comprovando sua importância para milhões de agricultores (CHEN et al., 2001; MENZEL, 2002).

No Brasil, a lichia foi introduzida no final do século XIX, no Jardim Botânico do Rio de Janeiro, onde se adaptou perfeitamente. Somente na última década do século XX, este fruto começou a ser cultivado, já com fins comerciais, e não como simples curiosidade nos quintais das casas, principalmente nos Estados de São Paulo e Minas Gerais e no norte do Paraná. Não existem estatísticas atuais quanto à área cultivada e a produção desta cultura, mas, estima-se a existência de 500 a 1000 hectares implantados no Brasil, sendo que o Estado de São Paulo responde por 60 a 70% desta área. A tendência é que esta área seja incrementada, devido aos lucros obtidos até o presente momento pelos produtores e a uma demanda em ascensão por estes frutos exóticos.

Porém, existem ainda muitos “gargalos” a serem resolvidos em todo o sistema de produção de lichia para, deste modo, dar condições a esta cultura de ter acrescentado seu nicho de mercado nacional, e num futuro não muito distante poderem ser iniciadas as primeiras exportações a países como a China, o Japão, os Estados Unidos e alguns membros da Comunidade Econômica Européia. Dentre estes gargalos e formas de solucioná-los têm-se:

- Ausência de alguma forma de organização dos produtores, assim como a organização de toda a cadeia produtiva.
- Falta de variedades para nossas condições, com uma maior proporção de polpa nos frutos (ao redor de 70-80%), uma vez que, atualmente, a principal variedade plantada no País é a ‘Bengal’, com um conteúdo de polpa de aproximadamente 60% do total do fruto; estas novas variedades têm que apresentar um decréscimo na alternância de produção de um ano para outro, além de precocidade de produção; produtividade elevada e maior resistência ou tolerância a pragas, doenças e fatores abióticos que prejudicam a cultura.

- Desenvolvimento voltado à obtenção de melhores técnicas de propagação, uma vez que, atualmente, este vegetal é propagado, principalmente, vegetativamente mediante a técnica da alporquia.
- Desenvolvimento de diferentes práticas culturais, de acordo a cada realidade regional.
- E, finalmente, o desenvolvimento de toda uma tecnologia de colheita e de pós-colheita, que possibilite a identificação do melhor parâmetro ou parâmetros a serem considerados na determinação do ponto ideal de colheita, as melhores técnicas e condições de colheita, transporte, beneficiamento, resfriamento rápido, armazenamento refrigerado e comercialização, com as quais se poderia melhorar em muito os atuais 3 a 5 dias de vida útil que o fruto apresenta em condições ambientais, principalmente, em virtude do escurecimento do pericarpo, perdendo rapidamente a atrativa cor vermelha intensa que o caracteriza.

Abordando este último item, que diz respeito à área da Fisiologia e Bioquímica Pós-Colheita de Frutos, e na qual o presente experimento se insere, é conhecido que a temperatura de armazenamento tem um efeito significativo na qualidade, sendo que baixas temperaturas conservam os alimentos, retardando ou evitando o crescimento de microrganismos e, no caso dos alimentos frescos, inibindo a ação das enzimas autocatalíticas naturais (BEHRSING, 1998; HERSON; HULLAND, 1980).

Assim sendo, o experimento visou determinar a melhor temperatura de armazenamento para lichia ‘Bengal’.

2.2 Desenvolvimento

2.2.1 Revisão Bibliográfica

O fruto maduro da lichieira tem forma redonda a oval, apresentando um fino, duro e indeiscente pericarpo de coloração vermelha luminosa, que guarda um branco, suculento e comestível arilo. O arilo contém uma semente marrom escura relativamente grande. O fruto é não-climatérico, apresentando pequenas mudanças nas concentrações de sólidos solúveis totais ou acidez titulável depois da colheita.

A lichia ‘Bengal’ foi obtida na Flórida, na década de 1940, a partir de seleções da variedade indiana ‘Purbi’, não sendo conhecida alguma variedade chinesa que seja similar a esta;

até os anos de 1980, esta variedade foi a segunda em importância na Austrália depois da variedade ‘Tai So’, entretanto, na atualidade a lichia ‘Bengal’ não é mais recomendado neste país pela pouca percentagem de polpa em relação ao fruto e pela produtividade irregular que apresenta ao longo do tempo (MENZEL et al., 2002).

Os frutos se deterioram rapidamente a menos que sejam empregadas técnicas adequadas de conservação. Os principais fatores que reduzem a vida pós-colheita da lichia são as doenças pós-colheita e o escurecimento do pericarpo. O armazenamento a temperatura entre 1 e 5°C é usado para reduzir as doenças pós-colheita, mas estas temperaturas não evitam o escurecimento do pericarpo. Além disso, os frutos deterioram-se rapidamente após serem retiradas do armazenamento refrigerado. Sob armazenamento refrigerado, os frutos podem ser armazenados por aproximadamente 30 dias (MENZEL; WAITE, 2005).

A fumigação com dióxido de enxofre foi o tratamento de pós-colheita mais efetivo para controle do escurecimento do pericarpo, e foi extensivamente utilizada em situações comerciais. Porém, o uso desta substância está sendo proibida, por ocasionar danos à saúde humana (YUEMING et al., 2003).

O calor é uma forma de energia encontrada em qualquer matéria. O termo “frio” é simplesmente uma forma de expressão, para um nível relativamente baixo de calor. O calor sempre flui naturalmente de um objeto quente para um frio. No armazenamento sob refrigeração, o produto é resfriado pela remoção do seu calor e não pela transmissão de frio para o mesmo (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

Temperaturas baixas de armazenamento retardam o metabolismo do vegetal através da diminuição de sua taxa respiratória e da redução de sua atividade enzimática. A respiração é o processo central da vida das células, processo este que mede a liberação de energia através da quebra dos compostos de carbono e a formação dos esqueletos necessários para as reações sintéticas e manutenção do produto após a colheita. O amido, outros polissacarídeos e os açúcares solúveis são os substratos principais da respiração vegetal. Em alguns casos são utilizados compostos de baixo peso molecular, como os ácidos orgânicos; ácidos graxos e proteínas, sendo estes substratos menos frequentes (KAYS, 1991).

A vida útil do fruto durante o armazenamento varia inversamente com a taxa de evolução do calor produzido. Portanto, a diminuição da temperatura do produto vegetal, logo após a

colheita, é fundamental para reduzir a respiração, a produção de etileno e a transpiração, principais fatores da deterioração fisiológica do vegetal.

Com a redução da respiração há, conseqüentemente, uma diminuição nas perdas de aroma, sabor, textura, cor e demais atributos de qualidade dos produtos (CHITARRA; CHITARRA, 2005). O uso da refrigeração é indispensável, devendo-se respeitar o limite mínimo suportado por cada vegetal, para evitar injúrias fisiológicas.

A taxa de respiração aumenta de 2 a 2,5 vezes a cada aumento de 10°C. Esse comportamento ocorre para a maioria das reações químicas e bioquímicas em um determinado tecido. As modificações nas taxas das reações devidas à temperatura são caracterizadas pelo quociente da temperatura de respiração (Q_{10}), que é a relação entre a taxa de uma reação específica numa dada temperatura e a taxa de reação nesta dada temperatura + 10°C (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

O uso da refrigeração é fundamental no armazenamento da lichia (RAY, 1998; JOHNSON; COOKE; SARSDUD, 2002). Segundo Huang e Wang (1990), a temperatura ótima para o armazenamento da lichia ‘Hei Ye’ é de 5°C, embora, segundo Olesen e Wiltshire (2000), frutos armazenados a 10°C apresentem boa conservação. Olesen et al. (2003) consideraram que a temperatura ótima para o armazenamento de lichias ‘Kway May Pink’ e ‘Wai Chee’, visando a retenção da cor vermelha do pericarpo, se encontra entre 5 e 10°C, mas para controlar o desenvolvimento de podridões, esta temperatura deve estar entre 2 e 5°C. Kader (2008) menciona que a faixa ótima de temperatura de armazenamento de lichia varia de 1,5 a 5°C, dependendo do cultivar e do tempo de armazenamento. O autor considera que a umidade relativa do ar de armazenamento deve estar entre 90 e 95%.

2.2.2 Material e Métodos

O presente experimento foi desenvolvido no Laboratório de Fisiologia e Bioquímica Pós-Colheita do Departamento de Ciências Biológicas da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (ESALQ/USP), no município de Piracicaba-SP.

Lichias ‘Bengal’ foram adquiridas de um produtor da região de Limeira-SP, localizada a 22° 33’54” de latitude Sul, 47° 24’09” de longitude Oeste e 588 m de altitude. Imediatamente, após a colheita, os frutos foram transportados até o Laboratório, onde foram selecionados quanto à firmeza, ausência de danos mecânicos e podridões visíveis. Posteriormente foram armazenados

a 10°C por um período de 4 horas. Após este período, os frutos foram acondicionados em bandejas de poliestireno expandido e recobertos por filme de policloreto de vinila (PVC) esticável de 14µm de espessura, sendo armazenados a 0°C, 5°C, 10°C, 15°C e 20°C ($\pm 1^\circ\text{C}$) e 90% UR ($\pm 5\%$ UR) durante 15 dias, sendo avaliados a cada 3 dias.

O delineamento experimental foi inteiramente ao acaso, com esquema fatorial de 5 x 6 (temperatura x tempo). Foram utilizadas seis repetições por tratamento nas determinações de taxa respiratória e produção de etileno, quatro repetições por tratamento nas análises físico-químicas, sendo cada uma composta por 150g de frutos; e três repetições por tratamento para as análises enzimáticas.

As seguintes determinações foram realizadas:

a) Taxa respiratória: Foram dispostos 150g de frutos em frascos de vidro herméticos (580 mL) e armazenados às temperaturas propostas pelo experimento. Na tampa dos frascos foi colocado um septo de silicone através do qual foi retirada uma alíquota da atmosfera interna dos mesmos (1 mL). Essas amostras de gases foram injetadas em um Cromatógrafo a Gás, marca Thermoffinigan, modelo Trace 2000 GC. O dióxido de carbono (CO_2) foi quantificado pela calibração com padrões de 2.150 L L^{-1} e 29.900 L L^{-1} de CO_2 . Os resultados foram expressos em $\text{mL CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$.

b) Quociente da temperatura de respiração (Q_{10}): as velocidades das reações de respiração ou os quocientes de temperatura (Q_{10}) foram calculados com base nas taxas de produção de CO_2 a 0, 5, 10 15 e 20°C, de acordo com a seguinte fórmula:

$$Q_{10} = (R_2/R_1)^{10/(T_2-T_1)}$$
, onde R_2 é a taxa de respiração em T_2 e R_1 a taxa de respiração em T_1 .

c) Produção de etileno: os procedimentos foram semelhantes ao item **a**, no que se refere à coleta da amostra de gás e condições de armazenamento. A amostra foi injetada em cromatógrafo a gás com coluna Porapak N e detector de ionização de chama (FID). Os resultados foram expressos em L ou $\text{nL C}_2\text{H}_4 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$.

d) Perda de massa fresca: determinou-se por diferença, em %, entre as massas iniciais e finais de cada repetição.

e) Teor de sólidos solúveis totais (SST): após a trituração da polpa dos frutos em multiprocessador doméstico, uma gota do suco proveniente da trituração foi colocada em um refratômetro digital. Os resultados foram expressos em °Brix.

f) pH: foi realizado por potenciometria, utilizando-se o potenciômetro Analyser, modelo pH 300, conforme descrito por Pregnotatto e Pregnotatto (1985).

g) Acidez titulável (AT): foi determinada por titulação com NaOH 0,1 N até pH 8,1, sendo os resultados expressos em % de ácido málico.

h) “ratio” (SST/AT): foi obtida pela divisão do SST pela AT.

i) Teor de ácido ascórbico (vitamina C): Foram tomados 10g da amostra e colocados em frasco Erlenmeyer contendo 50mL de solução de ácido oxálico. A titulação foi efetuada com o indicador DCFI (2,6-diclorofenol indolfenol-sódico) até atingir a coloração rosada persistente por 15 segundos. Os resultados foram expressos em mg de ácido ascórbico por 100g de polpa.

j) Coloração: foi utilizado um colorímetro, marca Minolta, com iluminante D65, a partir do qual, determinaram-se os valores de L^* , a e b . As leituras foram realizadas diretamente sobre o pericarpo dos frutos.

k) Avaliação sensorial: foi realizada por uma equipe de 15 pessoas não treinadas, utilizando uma escala hedônica de notas. A descrição das notas foi: 9 = frutos com aspecto de frescor e ausência de escurecimento; 7 = frutos com aspecto de frescor, porém com leve escurecimento; 5 = frutos com pouco aspecto de frescor e moderado escurecimento; 3 = frutos sem aspecto de frescor, elevado escurecimento; 1 = frutos totalmente desidratados e escuros. A nota 5 foi considerada como limite de comercialização.

l) Atividade da enzima Fenilalanina amônia-liase – PAL (EC 4.3.1.25): a extração foi feita no pericarpo, adaptando-se a técnica preconizada por Rhodes e Woollorton (1977). Macerou-se 100mg da amostra em N_2 adicionando 10mL de tampão borato 0,1M com pH 8,8, centrifugou-se as amostras por 20 minutos a 4°C a 12000 rpm, em seguida estas foram filtradas em lã de vidro, obtendo-se o extrato. A atividade enzimática foi determinada conforme metodologia modificada de Peixoto et al. (1999). Para reação foram misturados 1mL de extrato (amostra filtrada) + 1mL tampão borato 0,2M pH 8,8 + 1mL de fenilalanina; para o branco geral adicionou-se 1mL tampão borato 0,1M + 1mL tampão borato 0,2M + 1mL de fenilalanina; o branco da amostra constituiu-se de 1mL de extrato + 2mL tampão borato 0,2M pH 8,8. Após 60 minutos em banho-maria a 36°C, acrescentou-se 0,1mL de HCl 6N, para cessar a reação enzimática. A determinação foi realizada em espectrofotômetro, com leitura a 290nm, em cubetas de quartzo. Os resultados foram expressos em mmoles min^{-1} .

m) Atividade da enzima Peroxidase – POD (EC 1.11.1.7): a extração foi realizada no pericarpo, adaptando-se o método preconizado por Matsuno e Uritani (1972), macerou-se 300mg da amostra com N₂ em 10mL tampão fosfato de sódio 0,1M pH 6,8 e 200mg de polyvinylpyrrolidone (PVP), posteriormente as amostras foram centrifugadas por 10 minutos a 4°C e 10000 rpm. A atividade foi determinada conforme metodologia adaptada de Lima (1994) e Zauberman et al. (1991). Para a reação foram misturados 0,8mL do extrato enzimático concentrado + 0,2mL tampão fosfato de sódio 0,1M pH 6,8 + 0,5mL de solução de aminoantipirina e fenol + 0,5mL de solução de peróxido de hidrogênio 29%, ambas diluídas em água deionizada; o branco foi 1mL tampão fosfato de sódio 0,1M pH 6,8 + 0,5mL de solução de aminoantipirina e fenol + 0,5mL de solução de peróxido de hidrogênio 29%. Após 5 minutos em banho-maria a 30°C, acrescentou-se 2mL de álcool etílico absoluto, para cessar a reação enzimática. A determinação foi realizada em espectrofotômetro, com leitura a 470nm. Os resultados foram expressos em $\mu\text{moles de H}_2\text{O}_2 \text{ decomposto min}^{-1} \text{ g}^{-1}$.

n) Atividade da enzima Polifenoloxidase – PPO (EC 1.10.3.1): a extração foi feita, também, no pericarpo, adaptando-se o método proposto por Matsuno e Uritani (1972), macerou-se 300mg da amostra com N₂ em 10mL tampão fosfato de sódio 0,1M pH 6,8 e 200mg de polyvinylpyrrolidone (PVP), posteriormente as amostras foram centrifugadas por 10 minutos a 4°C e 10000 rpm. A atividade da PPO foi determinada através da adaptação dos métodos descritos por Cano et al. (1997) e Zauberman et al. (1991). Misturou-se 0,3mL do extrato bruto + 0,85mL de solução de catecol 0,1M nas amostras; o branco foi 0,3mL tampão fosfato de sódio 0,1M pH6,8 + 0,85mL de solução de catecol 0,1M; os tubos de ensaio foram incubados a 30°C por 30 minutos. Em seguida, adicionou-se 0,7mL de ácido sulfúrico 5% para a parada da reação enzimática (adaptado de KRUGER, 2003) e a absorbância foi medida a 410nm. Os resultados foram expressos em $\mu\text{moles de catecol transformado min}^{-1} \text{ g}^{-1}$.

o) Proteínas solúveis: foi determinada para cálculo da atividade específica das três enzimas avaliadas. O teste de Bradford (1976) foi empregado para quantificação do conteúdo total de proteínas das amostras. Para tanto, foram adicionados a cada 0,1mL do sobrenadante, sob agitação, 5mL do reagente de Bradford. Após 5 minutos, foi efetuada a leitura da absorbância, a 595nm, em espectrofotômetro.

Os resultados obtidos foram analisados pelo programa SAS Institute (1998), onde foram submetidos à análise de variância (teste F) e comparação múltipla de médias pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

2.2.3 Resultados e Discussão

A temperatura de armazenamento causou alteração no metabolismo respiratório dos frutos, sendo que a taxa respiratória aumentou à medida que a temperatura de armazenamento foi incrementada (Figura 1). Durante o armazenamento não se obteve um pico de respiração em nenhum dos tratamentos testados, sendo que este resultado reitera o tipo de padrão respiratório não-climatérico apresentado pela lichia.

Os valores mínimos e máximos de taxa respiratória obtidos nos tratamentos a 0°C, 10°C e 20°C, são de duas a quatro vezes maiores que os mencionados por Kader (2008), o que confirma, mais uma vez, a necessidade de validar as pesquisas feitas em outros países, para as condições brasileiras. Ainda mais, se tratando de organismos vivos, como a lichia, a discordância dos valores observados com aqueles relatados pelo pesquisador citado pode ser consequência de diferenças entre variedades, condições edafo-climáticas do ambiente de cultivo, época de colheita, ponto de maturação, tipo de colheita, forma de transporte e condições de armazenamento, entre outros inúmeros fatores.

Conforme o esperado, os frutos armazenados a 0°C apresentaram a menor taxa respiratória em todo o período avaliado, enquanto que os armazenados a 20°C apresentaram a maior taxa respiratória (Figura 1). Os frutos armazenados a 20°C foram eliminados no 10º dia de avaliação por apresentar podridões visíveis, impossibilitando o cálculo da taxa respiratória, do Q_{10} e da produção de etileno.

Valores significativamente superiores de taxa respiratória de lichias ‘Mauritius’ armazenadas a 20°C, também foram observados por Pesis et al. (2002), quando comparadas as lichias armazenadas a 2°C. Entretanto, valores de taxa respiratória, significativamente inferiores ao deste experimento foram observados por Nagar (1994), que, também, obteve decréscimos na respiração da lichia ‘Calcuttia’ ao longo de 10 dias de armazenamento a 25°C e 80% UR.

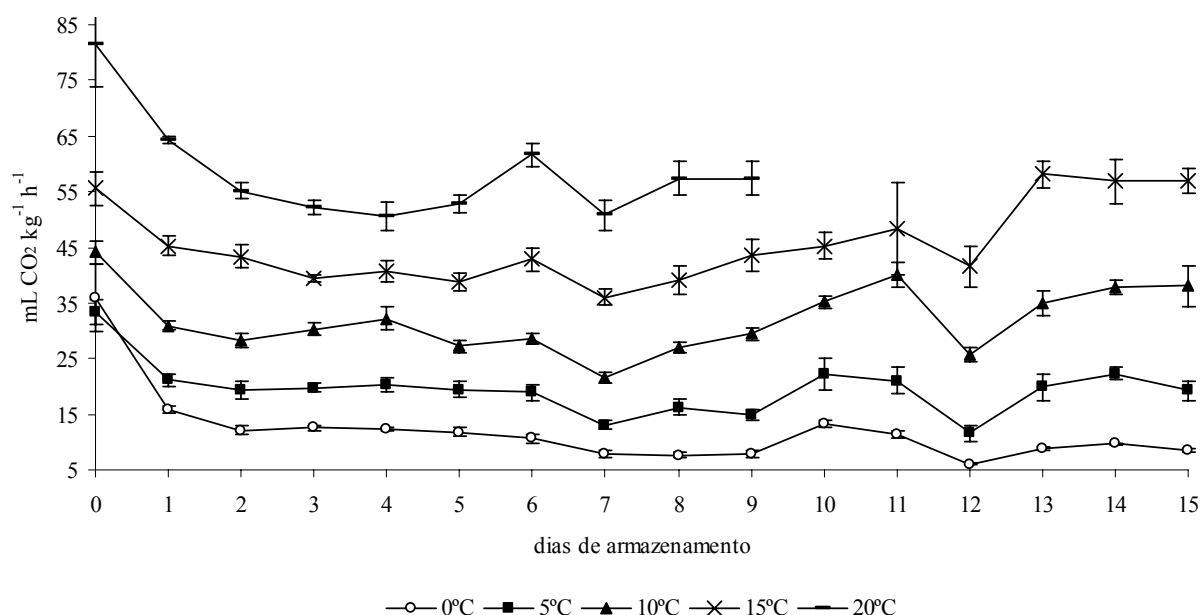


Figura 1 - Taxa respiratória ($\text{mL CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$) de lichia 'Bengal' durante o armazenamento em diferentes temperaturas e 90% UR. Barras verticais representam o erro padrão da média ($n=6$)

Os valores de taxa respiratória, para todos os tratamentos, decresceram até o 2º dia de armazenamento, mantendo-se constantes até o final do experimento (Figura 1). Isto se deve, provavelmente, ao estresse causado aos frutos pela colheita, o que incrementa o metabolismo destes num primeiro instante, de tal forma que, no início do experimento, foram obtidas as maiores taxas respiratórias, que, após terem decrescido, estabilizaram-se. Paull e Chen (1987) obtiveram um acréscimo da taxa respiratória na lichia 'Chen Zi' até o 1º dia de armazenamento a 22°C e uma queda continua desta taxa até o 8º dia.

A respiração é o principal processo fisiológico após a colheita e consiste na oxidação de moléculas complexas, que geram energia, e moléculas mais simples. Quanto mais elevada a atividade respiratória de um fruto, mais precível este será (WILLS et al., 1981; KOBLITZ, 2008).

Inicialmente, o Q_{10} na faixa de 10 a 20°C foi significativamente superior (aproximadamente em 50%) ao Q_{10} correspondente à faixa de 0 a 10°C (Tabela 1). Avaliando somente a evolução do Q_{10} na faixa de temperatura de 0 a 10°C, verifica-se que no 15º dia do experimento, o Q_{10} dos frutos foi aproximadamente 2,5 vezes superior ao Q_{10} destes mesmos frutos ao início do experimento. Os frutos na faixa de 5 a 15°C comportaram-se de forma

intermediária às duas faixas descritas anteriormente. Para a maioria dos produtos, o Q_{10} encontra-se entre 2,0 e 3,0, numa variação de temperatura de 5°C a 25°C. Entretanto, os valores de Q_{10} podem sofrer variações com o aumento da temperatura (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

Tabela 1 - Valores* de quociente de temperatura de respiração (Q_{10}) de lichia ‘Bengal’ armazenada em diferentes temperaturas e 90% UR

Dias de armazenamento	Faixas de temperatura de armazenamento			
	0-10°C	5-15°C	10-20°C	Média
0	1,2 ± 0,1	1,7 ± 0,1	1,8 ± 0,1	1,6 ± 0,1
1	1,9 ± 0,1	2,1 ± 0,1	2,1 ± 0,1	2,1 ± 0,1
2	2,3 ± 0,2	2,2 ± 0,1	1,9 ± 0,2	2,2 ± 0,1
3	2,4 ± 0,2	2,0 ± 0,1	1,7 ± 0,1	2,0 ± 0,1
4	2,6 ± 0,2	2,0 ± 0,1	1,6 ± 0,1	2,1 ± 0,1
5	2,3 ± 0,2	2,0 ± 0,1	1,9 ± 0,1	2,1 ± 0,1
6	2,7 ± 0,2	2,3 ± 0,2	2,1 ± 0,1	2,4 ± 0,2
7	2,7 ± 0,2	2,7 ± 0,2	2,4 ± 0,2	2,6 ± 0,2
8	3,5 ± 0,2	2,4 ± 0,2	2,1 ± 0,1	2,7 ± 0,2
9	3,7 ± 0,2	2,9 ± 0,2	2,0 ± 0,1	2,9 ± 0,2
10	2,7 ± 0,2	2,0 ± 0,1	-	2,3 ± 0,2
11	3,5 ± 0,2	2,3 ± 0,2	-	2,9 ± 0,2
12	4,3 ± 0,3	3,6 ± 0,2	-	3,9 ± 0,3
13	4,0 ± 0,3	2,9 ± 0,2	-	3,4 ± 0,3
14	3,9 ± 0,3	2,5 ± 0,2	-	3,2 ± 0,3
15	4,5 ± 0,3	3,0 ± 0,2	-	3,7 ± 0,3
Média	3,0 ± 0,2	2,4 ± 0,2	2,0 ± 0,1	

*n=6, ± EP (erro padrão).

Como observado na Tabela 1, o Q_{10} não é uma constante e varia em função da temperatura, o Q_{10} é mais pronunciado nas baixas temperaturas, devido a que a respiração é

influenciada diretamente pelo aumento da temperatura de armazenamento, sendo que até certa temperatura o aumento da taxa respiratória é exponencial, depois cessa o aumento e mais tarde declina.

Através do Q_{10} pode-se prever com uma razoável precisão a velocidade de um determinado processo metabólico e o tempo de armazenamento de uma fruta.

Nos frutos armazenados a 0°C foi detectada produção de etileno somente no dia de instalação do experimento, produzindo 7,38 nL C₂H₄ kg⁻¹ h⁻¹. Ao longo do experimento, não foi detectada produção de etileno para este tratamento. Os frutos armazenados a 5°C apresentaram produção de etileno até o 5º dia de avaliação, sendo que, a partir de então, não foi detectada produção de etileno neste tratamento. Os frutos armazenados a 10°C e 15°C apresentaram produção de etileno praticamente em todos os dias avaliados. O tratamento a 20°C apresentou a maior produção de etileno, 479,52 nL C₂H₄ kg⁻¹ h⁻¹, ao início do experimento, sendo que este tratamento obteve uma maior produção de etileno em comparação aos demais tratamentos (Figura 2).

Valores similares de produção de etileno foram descritos por Kader (2008) em lichias armazenadas a 20°C. Paull e Chen (1987), trabalhando na mesma temperatura de armazenamento, não detectaram produção de etileno em lichia ‘Chen Zi’.

De maneira geral, a perda de massa fresca aumentou com o incremento do período de armazenamento e da temperatura de armazenamento, sendo similares entre os tratamentos a 0°C, 5°C e 10°C, nos dias avaliados. Nos frutos armazenados a 15°C e 20°C, as perdas de massa fresca foram maiores. Ao 15º dia de armazenamento, os frutos armazenados a 20°C apresentaram maior perda de massa fresca em comparação aos demais frutos armazenados nas demais temperaturas (Tabela 2). Isso é explicável pela maior transpiração que ocorre à medida que a temperatura aumenta, em resposta ao incremento no déficit de pressão de vapor entre os tecidos do vegetal e o ambiente (WOODS, 1990).

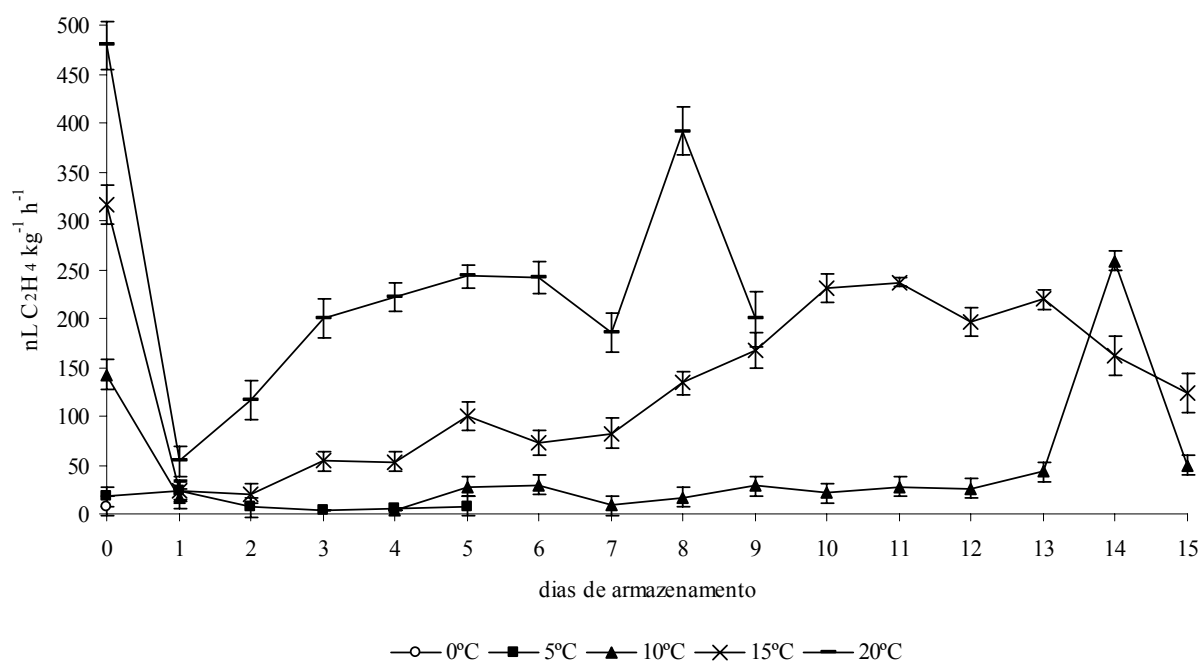


Figura 2 - Produção de Etileno ($\text{nL C}_2\text{H}_4 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$) de lichia 'Bengal' durante o armazenamento em diferentes temperaturas e 90% UR. Barras verticais representam o erro padrão da média ($n=6$)

Tabela 2 - Perda de massa fresca (%) de lichia 'Bengal' armazenada em diferentes temperaturas e 90% UR

Trat.	Dias de armazenamento						CV (%)
	0	3	6	9	12	15	
0°C	0,0 a E*	1,0 a D	0,8 d D	1,5 b C	2,0 c B	2,8 c A	15,7
5°C	0,0 a E	1,2 a B	1,7 bc AB	1,9 b A	1,4 d AB	1,7 d AB	19,7
10°C	0,0 a E	0,5 a C	1,3 c B	1,4 b B	2,5 c A	3,1 c A	20,4
15°C	0,0 a E	0,8 a D	1,8 b C	3,1 a B	3,5 b B	4,6 b A	15,0
20°C	0,0 a E	3,6 a BC	2,5 a BC	3,5 a BC	5,4 a AB	8,1 a A	15,2
CV (%)	-	15,9	13,47	17,32	8,7	12,2	

*Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Resultados superiores de perda de massa fresca (ao redor de 13%) foram obtidos por Nagar (1994), em lichia ‘Calcuttia’, ao longo de 10 dias de armazenamento a 25°C e 80%UR.

Perdas de massa fresca superiores a 7,6% escurecem o pericarpo das lichias, como observado nos frutos do tratamento a 20°C ao final deste experimento; já o escurecimento total do pericarpo é observado com perdas de massa fresca superiores a 18,21% (CHEN et al., 2001). Entretanto para Bryant (2004), as perdas de massa fresca que causam escurecimento no pericarpo destes frutos são menores, na faixa de 3 a 5%.

A perda de água pós-colheita exerce também efeitos na fisiologia dos produtos hortícolas, podendo afetar a produção de etileno, a concentração de ácidos orgânicos, a degradação de pigmentos e compostos voláteis, além de induzir a alterações no padrão de síntese de carboidratos e proteínas (KAYS, 1991).

Houve pouca variação nos teores de SST durante o armazenamento, com exceção dos valores observados na temperatura de 20°C, onde se constatou uma queda ao final do armazenamento (Tabela 3). De forma similar, Huang e Wang (1990), em experimento com lichias ‘Hei Ye’ armazenadas a 0°C, 2°C, 5°C e 20°C, obtiveram queda nos SST nos frutos armazenados a 20°C por 27 dias e pouca variação nestes teores nos demais tratamentos. Resultados semelhantes também foram obtidos por Nagar (1994), que obteve redução dos teores de SST em lichia ‘Calcuttia’ ao longo de 10 dias de armazenamento a 25°C e 80%UR.

Tabela 3 - Sólidos solúveis totais (°Brix) de lichia ‘Bengal’ armazenada em diferentes temperaturas e 90% UR

Trat.	Dias de armazenamento						CV (%)
	0	3	6	9	12	15	
0°C	18,33 a A*	18,88 a A	18,56 a A	18,70 a A	18,30 a A	18,00 a A	3,33
5°C	18,33 a A	18,25 ab A	18,38 ab A	18,10 ab A	17,95 a A	18,00 a A	3,94
10°C	18,33 a A	18,10 ab A	18,23 ab A	17,78 abc A	18,03 a A	18,05 a A	3,66
15°C	18,33 a A	17,83 ab A	17,45 bc A	17,63 bc A	17,60 a A	17,35 a A	3,70
20°C	18,33 a A	17,53 b A	16,80 c A	16,85 c A	16,20 b A	13,40 b B	2,52
CV (%)	6,64	3,39	2,82	2,54	3,50	2,82	

*Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Igualmente, houve pouca variação nos valores de pH ao longo do armazenamento (Tabela 4), tendo os valores ficado entre 4,58 e 5,03. Acréscimos do pH da polpa da lichia ‘Groff’ foram obtidos por Paull et al. (1984); por Leung; Chu e Kawaji (2003), em lichias ‘Yook Ho Pow’ armazenadas a 25°C e 65%UR por 5 dias; e, também, por Chu; Leung e Kawaji (2004), em lichias ‘San Yue Hong’ armazenadas a 25°C por 5 dias.

Poucas diferenças foram observadas nos teores de acidez titulável dos frutos nos diferentes tratamentos no decorrer do armazenamento (Tabela 4), com os valores oscilando entre 0,21 e 0,29%. Huang e Wang (1990), também, não obtiveram diferenças nos teores de acidez titulável nas lichias ‘Hei Ye’ armazenadas a 0°C, 2°C, 5°C e 20°C por 27 dias. Por outro lado, Nagar (1994) obteve um decréscimo da ordem de 50% na acidez das lichias ‘Calcuttia’ ao longo de 10 dias de armazenamento a 25°C e 80%UR.

Os valores de “ratio” (SST/AT) obtidos neste experimento estão acima da faixa requerida para os países exportadores de lichia ao Japão, o qual exige dos frutos importados um valor mínimo de “ratio” igual a 40 (Tabela 4). A partir deste parâmetro avaliado, poderia ser definido previamente o “ratio” mínimo para as condições brasileiras, sendo que este poderia, para as nossas condições, converter-se no parâmetro utilizado para determinar o ponto ideal de colheita, e desta forma, obter um fruto de qualidade, além de padronizado, inicialmente visando o mercado local e posteriormente, o mercado internacional, uma vez que neste segundo momento, os produtores já estariam familiarizados com este protocolo e somente seria necessária uma adequação á exigência do país importador.

Verificou-se, de maneira geral, decréscimo no teor de ácido ascórbico nos frutos armazenados nas diferentes temperaturas (Tabela 5), sendo este decréscimo mais significativo na temperatura de 20°C, onde se observou perda de mais de 50% de ácido ascórbico em 15 dias de armazenamento. Resultados similares de perda de ácido ascórbico foram obtidos por Nagar (1994), que obteve redução destes teores em lichia ‘Calcuttia’ armazenada a 25°C e 80%UR por 10 dias.

Tabela 4 - Valores de pH, acidez total (% ácido málico) e “ratio” (SST/AT) de lichia ‘Bengal’ armazenada em diferentes temperaturas e 90% UR

Tratamentos	Dias de armazenamento					
	0	3	6	9	12	15
..... pH.....						
0°C	4,58*	4,64	4,63	4,84	4,70	4,70
5°C	4,58	4,54	4,66	4,73	4,65	4,61
10°C	4,58	4,49	4,59	4,67	4,83	4,62
15°C	4,58	4,69	4,75	4,78	4,66	4,67
20°C	4,58	4,63	4,64	4,80	4,80	5,03
..... % ácido málico						
0°C	0,29*	0,26	0,26	0,22	0,26	0,25
5°C	0,29	0,28	0,25	0,22	0,25	0,25
10°C	0,29	0,29	0,26	0,24	0,21	0,25
15°C	0,29	0,23	0,22	0,22	0,25	0,23
20°C	0,29	0,25	0,24	0,23	0,21	0,22
..... SST/AT						
0°C	63,87*	73,60	72,66	84,99	70,99	73,04
5°C	63,87	65,45	73,08	80,80	70,47	71,72
10°C	63,87	64,37	71,14	73,63	87,95	71,53
15°C	63,87	78,94	79,19	79,49	70,24	75,96
20°C	63,87	71,43	68,96	75,05	77,91	60,20

*Teste F não significativo.

Tabela 5 - Teor de ácido ascórbico (mg ácido ascórbico 100g⁻¹) de lichia 'Bengal' armazenada em diferentes temperaturas e 90% UR

Trat.	Dias de armazenamento						CV(%)
	0	3	6	9	12	15	
0°C	40,58 a A*	33,32 a B	36,49 a AB	35,81 a AB	34,70 a B	32,74 a B	6,28
5°C	40,58 a A	30,28 bc B	33,28 ab B	33,37 a B	32,14 ab B	31,86 a B	6,51
10°C	40,58 a A	30,70 abc B	35,21 a B	32,17 ab B	32,14 ab B	31,41 a B	6,89
15°C	40,58 a A	31,82 ab BCD	36,49 a AB	32,45 ab BC	26,74 c CD	25,68 a D	8,77
20°C	40,58 a A	28,26 c A	30,70 b A	28,28 b A	28,04 bc A	18,64 b B	10,36
CV (%)	7,82	4,21	4,75	6,81	7,96	14,21	

*Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Os ácidos, além dos açúcares, constituem substratos para a respiração, sendo que o ácido ascórbico participa de reações antioxidativas que se processam durante a maturação e após a colheita do fruto. Possivelmente, devido ao estresse da colheita, ocorra no fruto uma maior atividade metabólica, principalmente uma maior taxa respiratória, havendo consumo de ácidos nesse processo. Além disso, a utilização de ácido ascórbico em reações regenerativas, principalmente próximas às membranas celulares, na intenção de manter a permeabilidade seletiva das membranas celulares e por consequência adiar a inevitável morte celular programada, pode ocasionar diminuição nos teores de ácido ascórbico (TAIZ; ZEIGER, 2009).

Quando a luz incide sobre um objeto, é refletida, transmitida ou absorvida. A luz refletida determina a cor do material e as mudanças de aparência são baseadas na quantidade de luz, na fonte de luz, no ângulo de observação do produto, no tamanho do objeto e em qualquer diferença de plano.

O eixo do sólido de cores é designado como L*, *a* e *b*. O L* corresponde ao eixo vertical, sendo a medida de luminosidade, no topo da pilha das coordenadas, têm-se elevados valores de L* (branco ou cores próximos ao branco) e próxima à base, os baixos valores de L* (preto ou cores próximos ao preto); *a* é uma coordenada positiva ou negativa, definindo um local relativo ao eixo púrpura - vermelho - azulado - verde. O *b* é uma coordenada, positiva ou negativa, que

define um local relativo ao eixo amarelo - azul. Portanto, o *a* e o *b* são componentes cromáticos, com valores variando de -120 a +120 (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

A luminosidade (L^*) das lichias nas cinco temperaturas avaliadas apresentou poucas diferenças significativas ao longo do armazenamento, mostrando uma tendência de queda (Tabela 6). Decréscimos nos valores de L^* foram também obtidos por Wong; Jacobi e Giles (1991) e Jacobi; Wong e Giles (1993), com lichias ‘Tai So’, Kwai May Pink’ e ‘Wai Che’ armazenadas a 5°C ao longo de 28 dias, e, também, por Huang e Wang (1990), com lichias ‘Hei Ye’ armazenadas a 0°C, 2°C, 5°C e 20°C por 27 dias.

Tabela 6 - Valores de Luminosidade (L^*) de lichia ‘Bengal’ armazenada em diferentes temperaturas e 90% UR

Trat.	Dias de armazenamento						CV (%)
	0	3	6	9	12	15	
0°C	39,95 a A*	32,41 b C	35,85 a B	35,09 b B	33,82 c BC	35,33 a B	3,23
5°C	39,95 a A	37,95 a AB	36,26 a BC	34,61 b C	35,37 bc BC	37,46 a AB	3,27
10°C	39,95 a A	38,16 a A	37,18 a A	39,40 a A	37,44 ab A	38,38 a A	3,86
15°C	39,95 a A	37,87 a A	38,44 a A	37,91 ab A	39,20 a A	37,90 a A	2,90
20°C	39,95 a A	36,37 a A	38,95 a A	38,74 a A	37,81 ab A	37,18 a A	5,09
CV (%)	2,70	2,59	3,97	4,16	4,04	4,77	

*Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Os valores de *a* dos frutos iniciaram-se em 21,24, para todos os tratamentos, finalizando-se em 20,91; 17,84; 17,48; 14,71 e 13,51 a 0°C, 5°C, 10°C, 15°C e 20°C, respectivamente, o que caracteriza uma modificação da coloração inicial dos frutos (Tabela 7). Menores valores de *a* significam menor intensidade da cor vermelha, resultado indesejável para a comercialização destes frutos.

Resultados decrescentes de *a* também foram obtidos por Wong; Jacobi e Giles (1991) e Jacobi; Wong e Giles (1993), com lichias ‘Tai So’, Kwai May Pink’ e ‘Wai Che’ armazenadas a 5°C por 28 dias; e com lichias ‘Hei Ye’ armazenadas a 0°C, 2°C, 5°C e 20°C por 27 dias (HUANG; WANG, 1990).

Tabela 7 - Valores de *a* de lichia ‘Bengal’ armazenada em diferentes temperaturas e 90% UR

Trat.	Dias de armazenamento						CV (%)
	0	3	6	9	12	15	
0°C	21,24 a BC*	24,26 a AB	25,53 a A	21,66 a BC	20,78 a C	20,91 a C	6,55
5°C	21,24 a A	20,19 ab AB	22,41 b A	19,39 ab AB	19,94 a AB	17,84 ab B	6,90
10°C	21,24 a A	19,99 b AB	20,89 b A	19,70 ab AB	21,12 a A	17,48 abc B	7,12
15°C	21,24 a A	21,54 ab A	21,20 b A	16,86 b B	15,41 b B	14,71 bc B	8,84
20°C	21,24 a A	18,37 b AB	16,84 c BC	17,31 b ABC	13,82 b C	13,57 c C	10,85
CV (%)	4,53	9,05	4,97	8,66	9,09	11,09	

*Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

No início do experimento observou-se valor de *b* de 13,55. No 15° dia de armazenamento os valores de *b* foram 12,66; 10,77; 11,30; 9,91 e 9,76 a 0°C, 5°C, 10°C, 15°C e 20°C, respectivamente (Tabela 8), com a conseqüente modificação da cor para uma tonalidade menos amarela, mas mais azulada.

Tabela 8 - Valores de *b* de lichia ‘Bengal’ armazenada em diferentes temperaturas e 90% UR

Trat.	Dias de armazenamento						CV(%)
	0	3	6	9	12	15	
0°C	13,55 a A*	13,09 a A	12,48 a A	13,03 a A	11,59 ab A	12,66 a A	9,23
5°C	13,55 a A	13,55 a A	12,60 a AB	11,68 a AB	12,18 ab AB	10,77 a B	9,70
10°C	13,55 a A	13,08 a A	12,57 a A	12,97 a A	12,86 a A	11,30 a A	11,01
15°C	13,55 a A	13,04 a AB	11,37 a ABC	10,20 a C	10,77 ab BC	9,91 a C	9,68
20°C	13,55 a A	11,61 a AB	11,08 a AB	11,13 a AB	9,55 b B	9,76 a B	14,86
CV (%)	6,16	7,82	10,94	12,74	11,7	15,94	

*Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

A mudança indesejável da coloração inicial do pericarpo da lichia, principalmente com um rápido decréscimo da luminosidade (L^*); unido a um decréscimo dos valores iniciais de a , dão como resultado principal, escurecimento e perda da coloração vermelha intensa do pericarpo, cuja consequência imediata é a perda de seu valor comercial ou uma forte redução do preço de comercialização destes frutos no varejo.

Esta rápida perda de coloração vermelha, para uma tonalidade marrom, inclusive em algumas situações é verificada em frutos ainda ligados à planta. Em frutos colhidos, este escurecimento pode ocorrer em poucas horas, ou no máximo, três dias após a colheita em temperatura variando de 20 a 25°C. A rápida perda de umidade pelo fruto, com o ressecamento do pericarpo, aparecimento de rachaduras e alterações na permeabilidade seletiva das membranas plasmática e do vacúolo (tonoplasto) pode ser a causa deste escurecimento. A ruptura destas membranas e o vazamento dos fenóis que irão reagir com as enzimas oxidativas (PPO), culminarão na formação de compostos escuros, que serão responsáveis pela coloração marrom. Simultaneamente, em virtude, principalmente, da temperatura e umidade de armazenamento, ocorre a degradação ou complexação das antocianinas, pigmentos responsáveis pela coloração vermelha destes frutos.

A partir da análise sensorial de aparência da lichia, submetida às diferentes temperaturas de armazenamento, observou-se que com o transcorrer do tempo de armazenamento a aparência foi afetada negativamente, sendo as temperaturas de 15°C e 20°C as mais prejudiciais para esta variável, sendo que 0°C e 5°C foram as temperaturas que menos afetaram a aparência dos frutos, mantendo-os, até o final do experimento, em níveis de aparência aceitáveis para a comercialização (Figura 3).

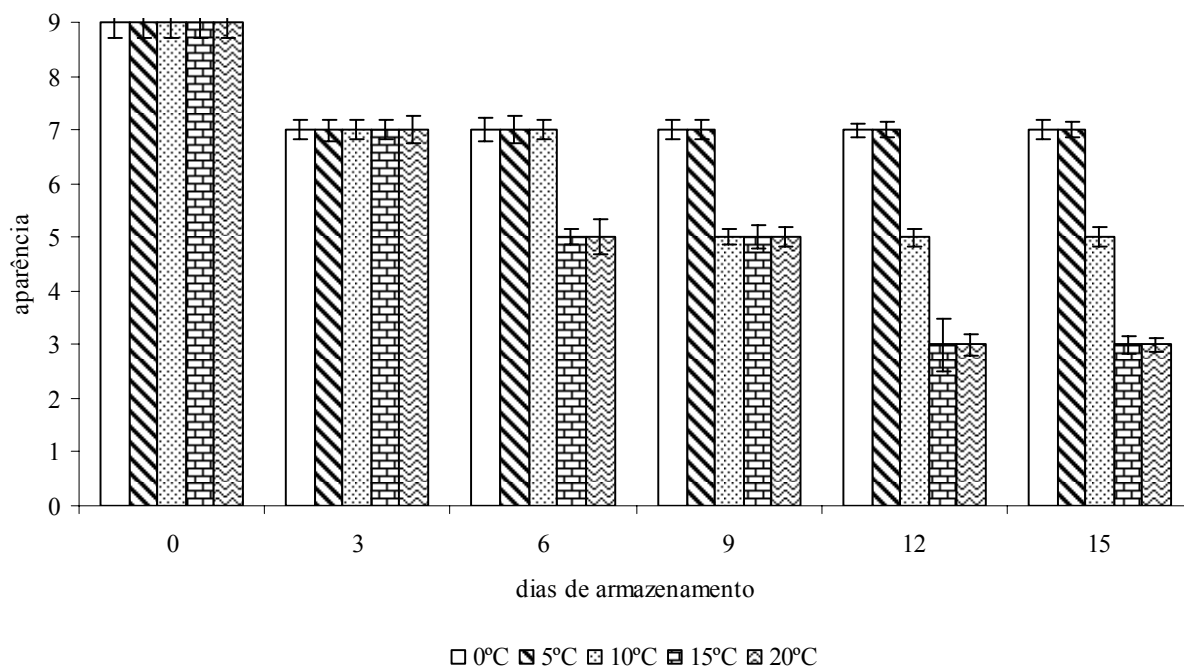


Figura 3 - Valores de aparência de lichia ‘Bengal’ armazenada em diferentes temperaturas e 90% UR. 9 = frutos com aspecto de frescor e ausência de escurecimento; 7 = frutos com aspecto de frescor, porém com leve escurecimento; 5 = frutos com pouco aspecto de frescor e moderado escurecimento; 3 = frutos sem aspecto de frescor, elevado escurecimento; 1 = frutos totalmente desidratados e escuros. A nota 5 foi considerada como limite de comercialização. Barras verticais representam o erro padrão da média ($n=15$)

Acréscimos na atividade da PAL, também foram observados por Jiang e Fu (1999), em lichias ‘Huaizhi’ armazenadas a 20°C, quando estes frutos foram tratados com diferentes umidades relativas de armazenamento, sendo que esta atividade aumentou em função do tempo de armazenamento e da redução da UR. Por outro lado, quando as lichias ‘Huaizhi’, foram armazenadas a 30°C por 6 dias, a atividade da PAL apresentou acréscimos nos primeiros dois dias e posteriores contínuos decréscimos até o final do experimento (QU et al., 2006).

O aumento na atividade da PAL é indicativo de condições de estresse nos tecidos vegetais, pela ação de agentes bióticos ou abióticos, sendo que os frutos encontram-se em constante estresse desde o momento da colheita e nas posteriores etapas de pós-colheita. A sua atividade é, também, estimulada pelo etileno e é mais elevada em cultivares mais resistentes ao ataque de patógenos, bem como naqueles vegetais que apresentam um maior grau de escurecimento dos seus tecidos (TAIZ; ZEIGER, 2009).

A PAL é a enzima-chave do metabolismo secundário dos vegetais e a reação catalisada pela mesma pode ser simplificada e expressa da seguinte forma: PAL + Fenilalanina \rightarrow PAL + ácido cinâmico. O produto da reação catalisada pela enzima PAL, o ácido cinâmico, é o precursor de inúmeros compostos, dentre estes, os fenóis, e estes a sua vez, em presença das enzimas POD e PPO, podem dar origem às *o*-quinonas, que posteriormente poderão, também, dar origem aos compostos escuros denominados melaninas, sendo estes últimos, responsáveis pela coloração marrom escura apresentada no pericarpo das lichias, tanto no campo, quanto na pós-colheita (JIANG et al., 2006).

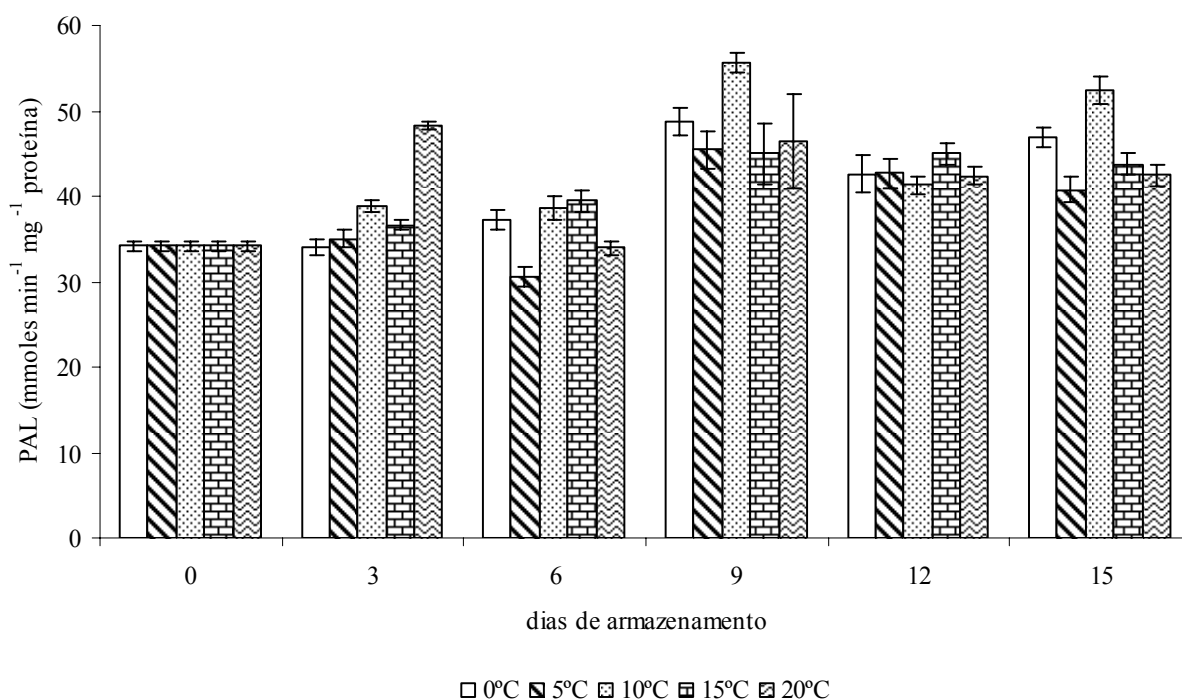


Figura 4 - Atividade específica da enzima fenilalanina amônia-liase (PAL) no pericarpo de lichia 'Bengal' armazenada em diferentes temperaturas e 90% UR. Barras verticais representam o erro padrão da média ($n=3$)

A atividade específica da POD revelou comportamento contrário ao da PAL, tendo sido observado decréscimo na sua atividade específica na sua última avaliação (15º dia). Houve redução de aproximadamente 50%, em média, para todos os tratamentos, em relação aos valores de atividade específica obtidos ao início do experimento (Figura 5).

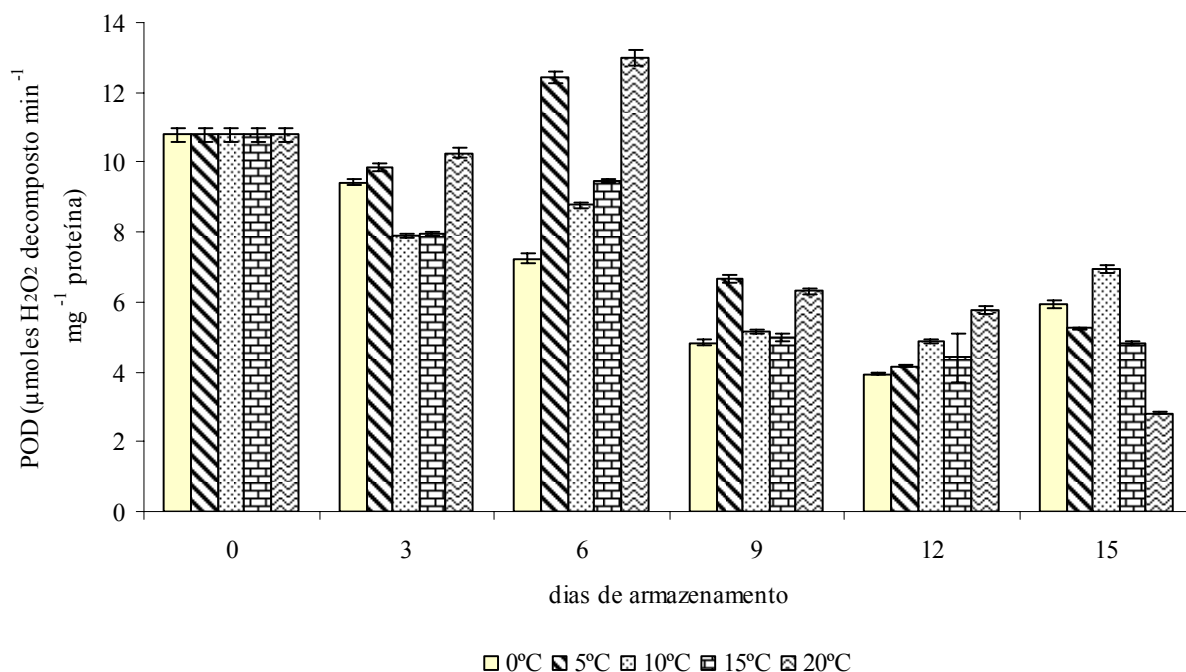


Figura 5 - Atividade específica da enzima peroxidase (POD) no pericarpo de lichia 'Bengal' armazenada em diferentes temperaturas e 90% UR. Barras verticais representam o erro padrão da média ($n=3$)

Acréscimos e decréscimos na atividade da POD, foram observados por Qu et al. (2006) em lichias 'Huaizhi' armazenadas a 30°C por 6 dias. Contínuos acréscimos na atividade da POD foram obtidos, por Finger; Vieira e Ledsham (1997), em lichias 'Brewster' armazenadas a 25°C e 75%UR por 5 dias. Entretanto, Phunchaisri e Apichartsrangkonn (2005) não observaram efeito na atividade da POD, em lichias tratadas com 400 e 600MPa e 20-40°C em relação ao tratamento controle.

A POD é uma enzima capaz de oxidar diferentes compostos, na presença de peróxidos, gerando radicais livres. Na ausência de peróxidos, essas enzimas podem, ainda, catalisar a oxidação de alguns substratos com auxílio do oxigênio molecular e, também, hidroxilar diferentes compostos aromáticos (tirosina, fenilalanina e outros fenólicos) (KOBBLITZ, 2008).

Uma característica desta enzima, é que preferencialmente, para ela apresentar atividade, não é suficiente somente a presença do substrato, senão, também do peróxido de hidrogênio (H₂O₂). Justamente esta característica faz esta enzima ser vital para a planta, já que a enzima POD elimina, durante as suas reações, os peróxidos de hidrogênios que são produzidos pelo metabolismo normal da planta e por alguns estresses aos quais a planta é exposta. Sem a remoção

destes compostos de hidrogênio, as células das plantas senesceriam rapidamente, considerando que estes peróxidos são altamente reativos, reagindo com as membranas celulares e alterando a seletividade das mesmas.

A enzima PPO apresentou atividade específica ao final do experimento, em média, 38% maior, em relação aos valores iniciais de atividade específica ao início do experimento (Figura 6). De forma similar acréscimos na atividade da PPO foram observados por Lin et al. (1988), em lichias ‘Huaizhi’ armazenadas a 28°C e 76%UR. Qu et al. (2006) observaram acréscimos e decréscimos na atividade da PPO em lichia ‘Huaizhi’ armazenadas a 30°C ao longo de 6 dias. Já, Zauberman et al. (1991) não observaram mudanças na atividade de lichias ‘Mauritius’ armazenadas a 22°C e 85%UR.

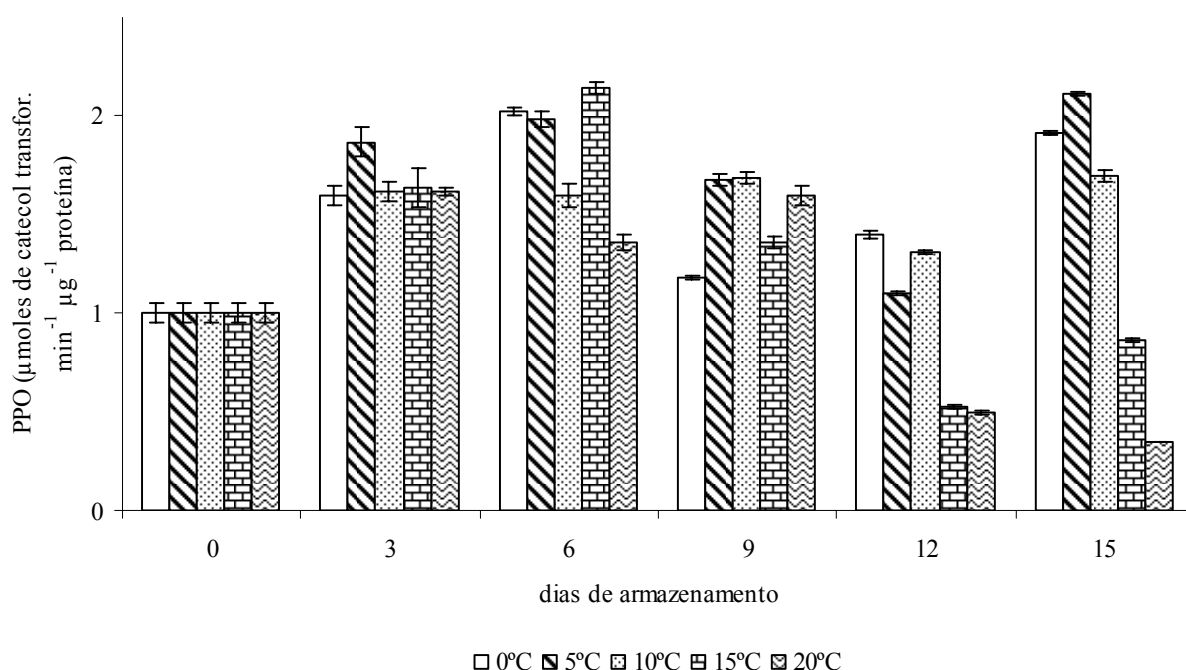


Figura 6 - Atividade específica da enzima polifenoloxidase (PPO) no pericarpo de lichia ‘Bengal’ armazenada em diferentes temperaturas e 90% UR. Barras verticais representam o erro padrão da média ($n=3$)

Por outro lado, contínuos decréscimos na atividade da PPO foram obtidos por Leung; Chu e Kawaji (2003), em lichias ‘Yook Ho Pow’ armazenadas a 25°C e 65%UR por 5 dias; por Chu; Leung e Kawaji (2004), em lichias ‘San Yue Hong’ armazenadas a 25°C por 5 dias e, também, por Underhill e Critchley (1993), em lichias ‘Kwai May Pink’ armazenadas a 25°C e 60%UR.

A PPO é uma das responsáveis pelo escurecimento enzimático apresentado no pericarpo das lichias (SUN et al., 2007), e neste experimento, esta atividade não foi reduzida pela refrigeração dos frutos, o que sugere a necessidade de aplicação de outras técnicas, que somadas ao correto uso do frio, auxiliem no controle da atividade desta enzima e de outras (PAL e POD), responsáveis pela perda da cor vermelha característica das lichias.

Como visto anteriormente, por mais que as três enzimas estudadas no presente trabalho, não apresentem resultados em função dos tratamentos aplicados (temperatura de armazenamento), tão somente a presença de atividade enzimática nas três enzimas, já é um resultado positivo, dado que as análises enzimáticas em geral são análises muito complexas e dependentes de muitos fatores, que nem sempre são controláveis pelo pesquisador, como por exemplo a presença de enzimas degradativas no extrato.

Em suma, a temperatura de armazenamento teve efeito significativo na taxa respiratória e na produção de etileno dos frutos, podendo influenciar no tempo de conservação dos mesmos. Além disso, as temperaturas de armazenamento contribuem para a modificação dos parâmetros físico-químicos dos frutos, sendo que, quanto mais elevada a temperatura, maiores são as perdas de SST e ácido ascórbico, além de afetar a aparência. Já, as enzimas PAL, POD e PPO apresentaram atividades específicas não necessariamente influenciadas pela temperatura de armazenamento e, sim, pelo tempo de armazenamento, sendo que a PAL e PPO apresentaram acréscimos nas suas atividades específicas ao final do experimento em comparação com os valores iniciais. Por outro lado, é observado decréscimo na atividade específica da POD durante o armazenamento.

2.3 Conclusão

As temperaturas de 0°C e 5°C são as mais indicadas para a conservação dos frutos da lichieira durante 15 dias.

Referências

BEHRSING, J.P. Effect of temperature and size reduction on respiratory activity and shelf life of vegetables. **Acta Horticulturae**, Netherlands, n.464, p.500-506, 1998.

BRADFORD, M. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. **Analytical Biochemistry**, San Diego, v.72, n.2, p.248-254, 1976.

BRYANT, P. **Optimising the postharvest management of lychee (*Litchi chinensis* Sonn.) – a study of mechanical injury and desiccation**. 2004. 397p. Thesis (Doctor of Philosophy) – Department of Crop Sciences, University of Sydney, Sydney, 2004.

CANO, M.P.; DE ANCOS, B.; MATAALLANA, M.C.; CAMARA, M.; REGLERO, G.; TABERA, J. Differences among spanish and latin-american banana cultivars: morphological, chemical and sensory characteristics. **Food Chemistry**, Guildford, v.59, n.3, p.411-419, 1997.

CHEN, W.; WU, Z.; JI, Z.; SU, M. Postharvest research and handling of litchi in China – a review. **Acta Horticulturae**, Netherlands, n.558, p. 321-329, 2001.

CHITARRA, M.I.; CHITARRA, A.B. **Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio**. Lavras: ESAL/FAEPE, 2005. 535p.

CHU, C.L.G.; LEUNG, S.K.E.; KAWAJI, M. Reversibility of lychee pericarp red color in relation to pericarp pH, activity of polyphenol oxidase, and particle size of brown pigment. **Fruits**, Paris, n.59, p.17-23, 2004.

FINGER, F.L.; VIEIRA, G.; LEDSHAM, L.R. Maturity standard and pericarp browning of litchi fruit. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, Brasília, v.9, n.1, p.15-18, 1997.

HERSON, A.C.; HULLAND, E.D. **Conservas alimenticias: procesado termico y microbiologia**. Zaragoza: Acribia, 1980. 451p.

HUANG, C.C.; WANG, Y.T. Effect of storage temperature on the colour and quality of litchi fruit. **Acta Horticulturae**, Netherlands, n.269, p.307, 1990.

JACOBI, K.K.; WONG, L.S.; GILES, J.E. Lychee (*Litchi chinensis* Sonn.) fruit quality following vapour heat treatment and cool storage. **Postharvest Biology and Technology**, Netherlands, n.3, p.111-119, 1993.

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

JIANG, Y.M.; WANG, Y. SONG, L.; LIU, H.; LICHTER, A.; KERDCHOECHUEN, O.; JOYCE, D.C.; SHI, J. Postharvest characteristics and handling of litchi fruit – an overview. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, Sidney, v.46, p.1541-1556, 2006.

JOHNSON, G.I.; COOKE, A.W.; SARSDUD, U. Postharvest disease control in lyche. **Acta Horticulturae**, Netherlands, v.575, p.705-715, 2002.

KADER, A.A. **Lychee: Recommendations for Maintaining Postharvest Quality**. University of California, Postharvest Technology Research & Information Center, 2008. Disponível em: <<http://rics.ucdavis.edu/postharvest2/Produce/ProduceFacts/Fruit/lychee.shtml>>. Acesso em: 7 nov. 2008.

KAISER, C. **Post-harvest manipulation of rind colour in ‘Mauritius’ litchi (*Litchi chinensis* Sonn.) fruit**. 1996. 115p. Thesis (Doctor of Philosophy in Agriculture) – Department of Horticultural Science, University of Natal, Pietermaritzburg, 1996.

KAYS, S.J. **Postharvest physiology of perishable plant products**. New York: Van Nostrand Reinhold, 1991. 532p.

KOBLITZ, M.G.B. **Bioquímica de Alimentos**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2008. 242p.

KRUGER, F.G.Q. **Adubação mineral, orgânica e biodinâmica de Yacon (*Polymnia sonchifolia* POEP&ENDL): rendimento, qualidade e armazenamento**. 2003. 211p. Tese (Doutorado em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agrônômicas -Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu, 2003.

LEUNG, S.K.E.; CHU, C.L.G.; KAWAJI, M. Effect of anthocyanin, polyphenol oxidase, and the pH of pericarp on the fresh appearance of lychee. **Acta Horticulturae**, Netherlands, v.599, p.529-534, 2003.

LIMA, G. P.P. **Efeito do cálcio sobre o teor de poliaminas e atividade da peroxidase e redutase do nitrato em calos de arroz (*Oriza sativa* L. cv. IAA 4440)**. 1994. 85p. Tese (Doutorado em Ciências) - Instituto de Biociências- Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu, 1994.

LIN, Z.F.; LI, S.S.; ZHANG, D.L.; LIU, S.Z.; LI, Y.B.; LIN, G.Z.; CHEN, M.D. The changes of oxidation and peroxidation in postharvest litchi fruit. **Acta Botanica Sinica**, China, v.30, p.382-387, 1988.

- MATSUNO, H.; URITANI, I. Physiological behavior of peroxidase isozymes in sweet potato root tissue injured by cutting or with black rot. **Plant and Cell Physiology**, Kyoto, v.13, p.1091-1101, 1972.
- MENZEL, C. **The Lychee Crop in Asia and the Pacific**. Bangkok, Thailand: Food And Agriculture Organization of the United Nations, Regional Office for Asia and the Pacific, 2002. 115p.
- MENZEL, C.M.; BAGSHAW, J; CAMPBELL, T.; GREER, N.; NOLLER, J.; OLESEN, T; WAITE, G. **Lychee information kit**. Queensland: Agrilink DPI & F, 2002. 246p.
- MENZEL, C.M.; WAITE, G.K. **Litchi and Longan: Botany, Production and Uses**. UK: CABI Publishing, 2005. 305p.
- NAGAR, P.K. Physiological and biochemical studies during fruit ripening in litchi (*Litchi chinensis* Sonn.). **Postharvest Biology and Technology**, Netherlands, v.4, p.225-234, 1994.
- OLESEN, T.; WILTSHIRE, N. Post-harvest results from the 1999/2000 lychee season. **Living Lychee**, Australia, v.23, p.16-22, 2000.
- OLESEN, T.; WILTSHIRE, N.; McCONCHIE, C. **Improved post-harvest handling of lychee**. Queensland, Australian: Rural Industries Research and Development Corporation, 2003. 86p.
- PAULL, R.E.; CHEN, N.J. Effect of storage temperature and wrapping on quality characteristics of litchi fruit. **Scientia Horticulturae**, Netherlands, v.33, n.3-4, p.223-236, 1987.
- PAULL, R.E.; CHEN, N.J.; DEPUTY, J.; HUANG, H.; CHENG, G.; GAO, F. Litchi growth and compositional changes during fruit development. **Journal American Society Horticulturae**, Alexandria, v.109, p.817-821, 1984.
- PEIXOTO, P.H.P.; CAMBRAIA, J.; SANT'ANNA, R.; MOSQUIM, P.R.; MOREIRA, M.A. Aluminium effects on lipid peroxidation and the actives of enzymes of oxidative metabolism in sorghum. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, Londrina, v.11, n.3, p.137-143, 1999.
- PESIS, E.; DVIR, O.; FEYGENBERG, O.; ARIE, R.B.; ACKERMAN, M.; LICHTER, A. Production of acetaldehyde and ethanol during maturation and modified atmosphere storage of litchi fruit. **Postharvest Biology and Technology**, Netherlands, v.26, p.157-165, 2002.
- PREGNOLATTO, W.; PREGNOLATTO, N.P. **Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz: métodos químicos e físicos para análise de alimentos**. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 1985. v.1, 533p.

PHUNCHAISRI, C.; APICHARTSRANGKON, A. Effects of ultra-high pressure on biochemical and physical modification of lychee (*Litchi chinensis* Sonn.). **Food Chemistry**, London, v.93, p.57-64, 2005.

QU, H.; DUAN, X.; SU, X.; LIU, H.; JIANG, Y. Effects of anti-ethylene treatments on Browning and energy metabolism of harvested litchi fruit. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, Sidney, v.46, p.1085-1090, 2006.

RAY, P.K. Post-harvest handling of litchi fruits in relation to colour retention – a critical appraisal. **Journal of Food Science and Technology**, New York, v.35, p.103-116, 1998.

RHODES, M.J.C.; WOOLTORTON, L.S.C. The effect of ethylene on the respiration and the activity of phenylalanine ammonia lyase in swede and parship root tissue. **Phytochemistry**, Oxford, v.6, p.655-669, May 1977.

SAS INSTITUTE, INC. **The SAS System for Windows** – Release 8,02. Cary, NC, 1998.

SUN, J.; JIANG, Y.; WEI, X.; ZHAO, M.; SHI, J.; YOU, Y.; YI, C. Identification of procyanidin A2 as polyphenol oxydase substrate in pericarp tissues of litchi fruit. **Journal of Food Biochemistry**, California, v.31, p.300-313, 2007.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. Porto Alegre: Artmed, 2009. 848p.

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

WILLS, R.H.H.; LEE, T.H.; GRAHAM, D.; MACGLASSON, W.B.; HALL, E.G. **Postharvest: an introduction to the physiology and handling of fruit and vegetables**. Wesport: AVI, 1981.163p.

WONG, L.S.; JACOBI, K.K.; GILES, J.E. The influence of hot benomyl dips on the appearance of cool stored lychee (*Litchi chinensis* Sonn.). **Scientia Horticulturae**, Netherlands, v.46, p.245-251, 1991.

WOODS, J.L. Moisture loss from fruits and vegetables. **Postharvest News and Information**, London, v.1, n.3, p.195-199, 1990.

YUEMING, J.; LIHU, Y.; LICHTER, A.; LI, J. Postharvest biology and technology of litchi fruit. **Food, Agriculture & Environment**, Finland, v.1, n.2, p.76-81, 2003.

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

3 AVALIAÇÃO DE EMBALAGENS NA QUALIDADE DE LICHIA ARMAZENADA SOB REFRIGERAÇÃO

Resumo

Neste experimento foram avaliadas embalagens de diferentes materiais para a manutenção da qualidade de lichias ‘Bengal’ durante o armazenamento refrigerado. Os tratamentos foram: embalagem perfurada (controle), embalagens de filme de policloreto de vinila (PVC) com 12, 14 e 17 μ m de espessura envolvendo bandejas de poliestireno expandido; filmes de polietileno de baixa densidade (PEBD) com espessuras de 10 e 20 μ m; filmes de polipropileno (PP) com espessuras de 0,06 e 10 μ m e embalagens de tereftalato de polietileno (PET). Nos filmes de polietileno e polipropileno, o produto foi acondicionado em sacolas que foram lacradas em seladora. Os frutos foram armazenados durante 15 dias à 5°C e 90% UR, sendo avaliados a cada três dias. O delineamento experimental foi inteiramente ao acaso em esquema fatorial 9 x 6 (nove embalagens de diferentes materiais e seis períodos de armazenamento). As variáveis analisadas foram: teores de oxigênio (O₂) e dióxido de carbono (CO₂); perda de massa fresca, teor de sólidos solúveis totais, pH, acidez titulável, “ratio”, teor de ácido ascórbico, coloração (L*, a e b), análise sensorial (aparência), atividades específicas das enzimas fenilalanina amônia-liase, peroxidase e polifenoloxidase. Os filmes PP de 0,06 e 10 μ m, assim como os filmes PEBD de 10 e 20 μ m, apresentaram reduções drásticas dos teores de O₂. O tratamento controle (embalagem perfurada) provocou decréscimos significativos na coloração vermelha (diminuição dos valores de a) dos frutos e perda na qualidade analisada pela aparência. Os tratamentos com filmes de PVC de 12, 14 e 17 μ m, assim como as embalagens PET, apresentaram valores sensoriais de aparência aceitáveis para comercialização. Os filmes de policloreto de vinila (PVC) de 12, 14 e 17 μ m, e as embalagens de tereftalato de polietileno (PET), foram os melhores tratamentos para o acondicionamento de lichias durante 15 dias de armazenamento a 5°C.

Palavras-chave: *Litchi chinensis* Sonn.; Atmosfera modificada; Anaerobiose; Antocianina

EVALUATION OF PACKAGE IN THE LYCHEE QUALITY COLD STORED

Abstract

In this experiment different materials package were evaluated for the maintenance of the lychees 'Bengal' quality during cold storage. The packages used were: holed packing (control), package of polyvinyl chloride (PVC) film with 12, 14 and 17 μ m thickness wrapped expanded polystyrene trays; low density polyethylene (LDPE) films with 10 and 20 μ m thickness; polypropylene (PP) films with 0.06 and 10 μ m thickness and polyethylene terephthalate (PET) package. In the films of polyethylene and polypropylene, the product was conditioned in bags that were sealed with a machine. The fruits were stored during 15 days at 5°C and 90% RH, with evaluation each every three days. It was used the completely randomized design in factorial 9 x 6 (nine package of different materials and six storage time). Oxygen (O₂) and carbon dioxide (CO₂) content; weight loss, soluble solids, pH, titratable acidity, ratio, ascorbic acid content, color (L*, *a* and *b*), sensorial analysis (appearance), specific activity of the phenylalanine ammonia-lyase, peroxidase and polyphenol oxidase enzymes were evaluated. The films PP 0.06 and 10 μ m, as well as the films LDPE 10 and 20 μ m, presented drastic reductions of O₂ content. The treatment control (holed packing) it provoked significant decreases in the red coloration (decrease of the *a* values) of the fruits and loss in the quality analyzed by the appearance. The treatments with films of PVC 12, 14 and 17 μ m, as well as the PET packing, presented acceptable sensorial values of appearance for commercialization. The films of polyvinyl chloride (PVC) of 12, 14 and 17 μ m, and polyethylene terephthalate (PET) package, were the best treatments for the lychees packaging during storage for 15 days at 5°C.

Keywords: *Litchi chinensis* Sonn.; Modified atmosphere; Anaerobiose; Anthocyanins

3.1 Introdução

A lichieira (*Litchi chinensis* Sonn.) é uma árvore subtropical que produz uma das frutas mais saborosas do mundo. A fruta tem o tamanho de um morango e uma casca grossa e firme, possuindo uma atrativa coloração de intenso vermelho. A polpa (arilo) tem coloração branca com aspecto gelatinoso e é apreciada pelo seu excelente sabor, proveniente de uma combinação ideal entre os componentes doces e ácidos. É consumida congelada, enlatada, seca e no estado fresco.

Na pós-colheita, o armazenamento de vegetais sem uma proteção externa (embalagem) conduz à rápida oxidação e à redução de muitos nutrientes (GAVA, 1984).

Os filmes plásticos de uso generalizado em pós-colheita são o policloreto de vinila (PVC), o polietileno de baixa densidade (PBD) e o polietileno de alta densidade (PAD). Esses filmes apresentam diferentes graus de permeabilidade ao vapor de água e aos gases CO₂, O₂ e etileno (C₂H₄). O filme de PVC apresenta maior permeabilidade ao vapor de água, seguido do PBD e PAD (FINGER; VIEIRA, 1997).

O ar contém, normalmente, 21% de O₂ e 0,03% de CO₂. De modo geral, tanto a redução no teor de O₂, quanto o aumento na concentração de CO₂ reduz a taxa de respiração. A relação entre a taxa de respiração do produto e a taxa de permeabilidade das embalagens aos gases permite a modificação passiva da atmosfera ao redor do produto. Essa atmosfera modificada pode retardar a respiração, a senescência e, conseqüentemente, as alterações de qualidade advindas destes processos.

Mediante o exposto, este experimento objetivou avaliar embalagens de diferentes materiais para a manutenção da qualidade de lichias ‘Bengal’ durante o armazenamento refrigerado.

3.2 Desenvolvimento

3.2.1 Revisão Bibliográfica

Esforços na busca de minimizar o escurecimento do pericarpo das lichias são encontrados na literatura chinesa há milênios. O fruto era utilizado na antiguidade, pelo Imperador Chinês, como presente e transportado a cavalo pelos mensageiros reais, estes frutos eram acondicionados em cestas de bambu cobertas de barro, sendo provavelmente este o primeiro registro no mundo do uso da atmosfera modificada em frutos; o tempo e a velocidade de transporte eram essenciais,

e, em muitos casos, o desgosto de receber uma lichia escurecida resultava em sérias consequências (UNDERHILL, 1992).

Sabe-se que a utilização do frio na pós-colheita de frutos é uma tecnologia indispensável quando o objetivo é a conservação e a manutenção da qualidade destes frutos. Entretanto, é necessária a utilização de outras tecnologias complementares ao frio, com as quais haverá maiores possibilidades de se manter a qualidade do produto após a colheita. Dentro destas técnicas complementares ao frio tem-se a utilização de atmosfera modificada, através de embalagens e/ou filmes plásticos. Os filmes plásticos de uso generalizado em pós-colheita são o policloreto de vinila (PVC), o polietileno de baixa densidade (PBD) e o polietileno de alta densidade (PAD).

Sendo as frutas e hortaliças, produtos vivos, que respiram, maturam, amadurecem e senescem, as condições utilizadas para a sua embalagem devem permitir a continuidade do seu processo vital de forma normal. A condição essencial é, porém, a boa qualidade inicial do produto. As operações de embalagem não melhoram a qualidade do produto, portanto, apenas os melhores produtos devem ser embalados. Do mesmo modo, a embalagem não substitui a refrigeração. A qualidade será mantida quando as boas condições de embalagem forem associadas com boas condições de transporte e de armazenamento refrigerado (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

De acordo com Wiley (1994), a respiração do vegetal modifica a concentração de gases dentro das embalagens, aumentando a concentração de CO₂ e diminuindo as de O₂ e etileno. Alta concentração de CO₂ altera os processos respiratórios, pois inibem enzimas atuantes no ciclo de Krebs, como a succinato desidrogenase e outras responsáveis por oxidações, daí a redução nas desordens fisiológicas e deteriorações bioquímicas.

Scott et al. (1982) verificaram que lichias embaladas em filmes de polietileno, armazenadas a 20°C por 10 dias, tiveram uma perda de massa fresca inferior a 2%, enquanto que os frutos sem embalagem apresentaram perdas entre 18 a 30%.

3.2.2 Material e Métodos

O experimento foi desenvolvido no Laboratório de Fisiologia e Bioquímica Pós-Colheita, do Departamento de Ciências Biológicas, da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (ESALQ/USP), no município de Piracicaba-SP.

Lichias ‘Bengal’ foram colhidas em um pomar localizado na região de Limeira-SP, localizada a 22° 33’54” de latitude Sul, 47° 24’09” de longitude Oeste e 588 m de altitude. Imediatamente, após a colheita, os frutos foram transportados até o Laboratório, onde foram selecionados quanto à firmeza, ausência de danos mecânicos e podridões visíveis. Posteriormente foram armazenados a 10°C por um período de 4 horas. Após este período aplicaram-se os seguintes tratamentos: T1 = frutos acondicionados em embalagem perfurada (controle); T2, T3 e T4 = frutos cobertos com filme de policloreto de vinila (PVC) de 12µm, 14µm e 17µm de espessura, respectivamente, envolvendo as bandejas de poliestireno expandido; T5 e T6 = frutos acondicionados em sacola de polietileno de baixa densidade (PEBD) de 10µm e 20µm de espessura, respectivamente, lacradas com seladora; T7 e T8 = frutos acondicionados em sacola de polipropileno (PP) de 0,06µm e 10µm de espessura, respectivamente, lacradas com seladora e T9 = frutos acondicionados em embalagem de tereftalato de polietileno (PET).

Imediatamente após o acondicionamento dos frutos nos seus respectivos tratamentos, todos foram armazenados em câmara fria a 5°C ($\pm 1^\circ\text{C}$) e 90% UR ($\pm 5\%$ UR) durante 15 dias, sendo avaliados a cada 3 dias.

O delineamento experimental foi inteiramente ao acaso com arranjo fatorial 9 x 6 (nove embalagens e seis períodos de armazenamento, incluindo o tempo zero). Foram utilizadas seis repetições por tratamento nas determinações da composição gasosa (CO₂ e O₂); quatro repetições por tratamento nas análises físico-químicas, constando cada uma de 150g de fruto e três repetições por tratamento para as análises enzimáticas.

As avaliações foram realizadas a cada 3 dias, tanto para os conteúdos dos gases (CO₂ e O₂) quanto para as análises físico-químicas, sensoriais e bioquímicas. Além das determinações de perda de massa fresca (%), teor de sólidos solúveis totais (SST), pH, acidez titulável (AT), “ratio” (SST/AT), teor de ácido ascórbico (vitamina C), coloração (L^* , a e b), avaliação sensorial (aparência), atividades específicas das enzimas fenilalanina amônia-liase (PAL), peroxidase (POD), polifenoloxidase (PPO) e proteínas solúveis de acordo com o descrito no Capítulo 2, item 2.2.2; foram determinadas a composição gasosa no interior das embalagens da seguinte forma:

Para a determinação dos teores de oxigênio (O₂) e dióxido de carbono (CO₂): foi utilizado um analisador de gases modelo 6600 Headspace Oxygen/Carbon Dioxide Analyzer da Illinois Instruments, os resultados foram expressas em %.

Os resultados obtidos foram analisados pelo programa SAS Institute (1998), onde foram submetidos à análise de variância (teste F) e comparação múltipla de médias pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

3.2.3 Resultados e Discussão

Nos três primeiros dias de experimentação, os tratamentos PP de 10 e 0,06 m, PEBD de 10 e 20 m apresentaram uma drástica redução dos níveis de O₂, sendo que a partir desse dia, o tratamento PP 0,06 m manteve teores de O₂ em média de 5% até o final do experimento; entretanto os demais tratamentos apresentaram teores de O₂ próximos de 0% até o final do experimento (Figura 7).

O resultado obtido deve-se à utilização do O₂ pelos frutos no processo de respiração, o que reduziu o teor inicial de 21% para teores próximos a zero, e à baixa permeabilidade desses filmes ao O₂ que não permitiram o ingresso deste gás na embalagem, resultando em anaerobiose, comprovada pelo odor característico de fermentado que apresentavam as amostras embaladas com estes filmes.

Os níveis de O₂ no interior das embalagens de PVC apresentaram no 3º dia de armazenamento, teores de 20,10 e 19,80%, respectivamente para as espessuras de 14 e 17 m, mantendo-se praticamente estáveis até o 15º dia de armazenamento (Figura 7). As embalagens de PET apresentaram teores de O₂ intermediários ao conteúdo na atmosfera normal, chegando a 13,55% no 15º dia de armazenamento.

Sivakumar e Korsten (2006) observaram, com lichias ‘Mauritius’, níveis de O₂ que variaram entre 6,53% e 17% dentro de três diferentes tipos de embalagens de polipropileno bioorientado de 35 m de espessura ao longo do armazenamento a 2°C e 95%UR por 34 dias.

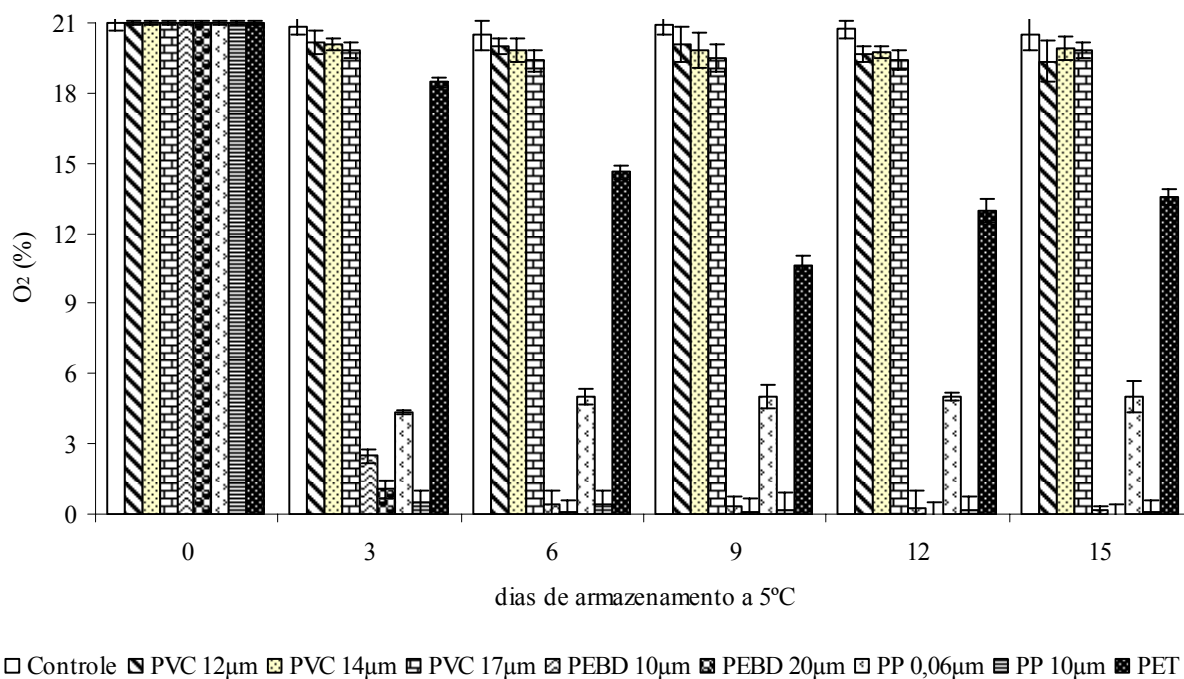


Figura 7 - Teores de oxigênio (% O₂) de lichia ‘Bengal’ acondicionada em diferentes filmes ou embalagens e armazenada a 5°C e 90% UR. Barras verticais representam o erro padrão da média ($n=6$)

Entre o 3° e o 15° dia, o nível de CO₂ no interior das embalagens de PVC com 14 µm variou de 0,55 a 0,86%; na PET, de 1,74 a 5,69%; e nas embalagens PP de 10 µm, de 8,75 a 11,27% (Figura 8).

Os tratamentos PP 0,06 e 10 µm, PEBD 10 e 20 µm e PET, apresentaram teores de CO₂ de 130 a 370 vezes superiores aos valores iniciais (Figura 8), resultados que indicam que tais tratamentos são também pouco permeáveis ao CO₂, fazendo com que o CO₂ produzido na respiração seja acumulado no ambiente criado no interior do filme e não saia para o ambiente externo.

Níveis de CO₂ que variaram entre 6% e 19,07% foram observados por Sivakumar e Korsten (2006) em lichias ‘Mauritius’ acondicionadas dentro de três diferentes tipos de embalagens de polipropileno bioorientado de 35 µm de espessura ao longo do armazenamento a 2°C e 95%UR por 34 dias.

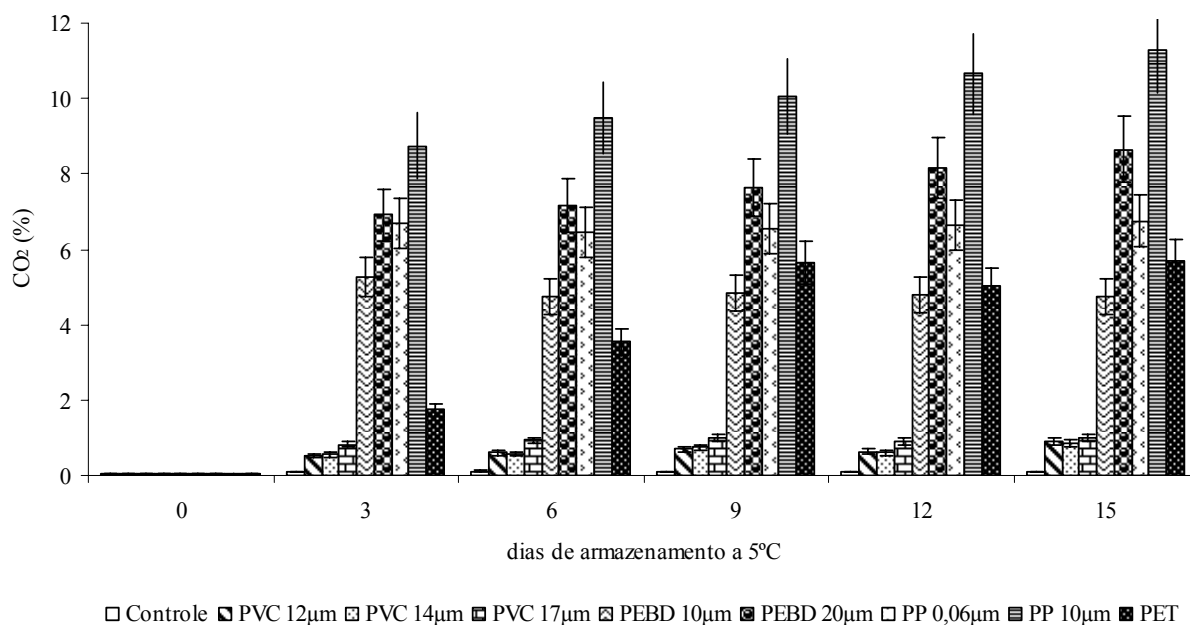


Figura 8 - Teores de dióxido de carbono (% CO₂) de lichia ‘Bengal’ acondicionada em diferentes filmes ou embalagens e armazenada a 5°C e 90% UR. Barras verticais representam o erro padrão da média ($n=6$)

Todos os tratamentos avaliados, inclusive o tratamento controle (embalagem perfurada), apresentaram perdas de massa fresca inferiores a 1,7% (Tabela 9), o que pode ser considerado aceitável para os períodos de conservação. Rattanapanone e Boonyakiat (2001) observaram perdas de massa fresca inferiores a 1%, em lichias ‘Hong Hauy’, ‘Juckapat’ e ‘Gimjeng’ embaladas em sacolas de polietileno e armazenadas a 5°C por 49 dias; estes valores são similares aos obtidos nos tratamentos com sacolas de polietileno no presente experimento.

Entretanto, Chaiprasart (2005) utilizando filmes de polietileno e PVC em lichias ‘Hong Huai’ armazenadas a 5°C por 12 dias, obteve perdas de massa fresca superiores a 6% nos tratamentos com filmes de PVC. Também, perdas de 4,9% de massa fresca foram observadas por Mahajan e Goswami (2004), em lichias ‘Bombay’ armazenadas em atmosfera controlada por 56 dias a 2°C. De maneira geral, perdas de massa fresca superiores a 5% durante o armazenamento, comprometem a qualidade do vegetal (FINGER; VIEIRA, 1997).

Tabela 9 - Perda de massa fresca (%) de lichia ‘Bengal’ acondicionada em diferentes filmes ou embalagens e armazenada a 5°C e 90% UR

Tratamentos	Dias de armazenamento						CV (%)
	0	3	6	9	12	15	
Controle	0,0 a B*	0,13 a A	0,10 b A	0,07 d A	1,52 a A	0,36 b A	3,68
PVC 12µm	0,0 a A	0,93 a AB	1,69 a A	1,05 a A	1,11 a A	1,18 a A	4,69
PVC 14µm	0,0 a A	0,81 a A	0,86 ab A	0,84 ab A	0,81 a A	0,94 a A	2,74
PVC 17µm	0,0 a D	0,68 a A	0,73 b A	0,76 abc A	0,52 a A	1,17 a A	9,41
PEBD 10µm	0,0 a A	0,10 a C	0,12 b BC	0,17 dc AB	0,21 a A	0,20 ab A	2,08
PEBD 20µm	0,0 a C	0,11 a A	0,12 b A	0,17 dc A	0,23 a A	0,25 ab A	3,1
PP 0,06µm	0,0 a D	0,11 a B	0,12 b B	0,20 dc A	0,15 a AB	0,17 ab AB	2,41
PP 10µm	0,0 a A	0,07 a DC	0,14 b BC	0,17 dc AB	0,70 a AB	0,23 ab A	9,00
PET	0,0 a A	0,21 a A	0,36 b A	0,29 bdc A	0,36 a A	0,45 ab A	11,60
CV (%)	-	3,34	8,77	6,13	3,15	10,07	

*Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

O teor de SST apresentou pouca variação durante o período de avaliação (Tabela 10). De forma similar Rattanapanone e Boonyakiat (2001), não acharam diferenças nos teores dos SST ao longo de 49 dias de armazenamento nas lichias ‘Hong Hauy’, ‘Juckapat’ e ‘Gimjeng’ embaladas em sacolas de polietileno e armazenadas a 5°C. Tampouco foram observadas diferenças nos teores de SST, por Sivakamur e Korsten (2006), em lichias ‘Mauritius’ acondicionadas em diferentes embalagens de polipropileno bioorientado e armazenadas a 2°C e 95%UR por 34 dias; nem por Chaiprasart (2005) utilizando filmes de polietileno e PVC, em lichias ‘Hong Huai’ armazenadas a 5°C por 12 dias.

Jiang e Fu (1999), trabalhando com lichias ‘Huaizhi’ sob condições de atmosfera controlada e armazenamento refrigerado, obtiveram valores superiores de SST nos demais tratamentos em comparação ao controle, porém sem apresentar diferenças significativas entre estes e o controle no 30º dia de avaliação. Neste mesmo sentido, Tian; Li e Xu (2005),

trabalhando com lichias ‘Heiye’ armazenadas a 3°C e 95%UR, observaram que a atmosfera controlada foi melhor na manutenção dos SST que a atmosfera modificada. Acréscimos significativos dos SST foram obtidos por Mahajan e Goswami (2004), em lichias ‘Bombay’, armazenadas em atmosfera controlada por 56 dias a 2°C.

Tabela 10 - Sólidos solúveis totais (°Brix) de lichia ‘Bengal’ acondicionada em diferentes filmes ou embalagens e armazenada a 5°C e 90% UR

Tratamentos	Dias de armazenamento						CV (%)
	0	3	6	9	12	15	
Controle	17,75*	17,73	17,38	17,20	17,18	16,93	2,26
PVC 12µm	17,75	17,68	17,53	17,83	17,45	17,38	2,44
PVC 14µm	17,75	17,33	17,30	17,00	17,35	16,85	4,29
PVC 17µm	17,75	17,18	16,83	17,55	17,08	16,40	3,80
PEBD 10µm	17,75	17,33	16,68	16,53	17,13	16,30	2,62
PEBD 20µm	17,75	17,73	16,90	17,23	16,83	16,40	2,84
PP 0,06µm	17,75	16,65	17,03	17,03	17,15	17,33	3,40
PP 10µm	17,75	17,05	16,98	17,13	17,15	16,85	3,53
PET	17,75	17,63	17,23	17,20	17,13	17,10	3,44
CV (%)	1,75	3,87	3,22	3,69	3,08	3,44	

*Teste F não significativo.

Houve pouca variação nos valores de pH ao longo de todo o experimento, não apresentando diferenças entre os tratamentos. O pH inicial dos frutos nos diferentes tratamentos foi de 4,8, no 15º dia de armazenamento, o menor valor de pH foi de 4,58, correspondente aos frutos do tratamento PEBD 20 µm, já, o maior valor de pH, neste mesmo dia, foi de 4,91, correspondente aos frutos do tratamento controle (embalagem perfurada) (Tabela 11). Pouca variação de pH, também, foram obtidos por Rattanapanone e Boonyakiat (2001), com lichias ‘Hong Hauy’, ‘Juckapat’ e ‘Gimjeng’ embaladas em sacolas de polietileno e armazenadas a 5°C por 49 dias.

Por outro lado, variações significativas de pH foram obtidas por Wu et al. (2001) com lichias ‘Feizixiao’ acondicionadas em embalagens de polietileno de 30 μ m e armazenadas a 4°C por 27 dias, sendo que o pH variou de 3,9 a 6,03.

Tabela 11 - Valores de pH de lichia ‘Bengal’ acondicionada em diferentes filmes ou embalagens e armazenada a 5°C e 90% UR

Tratamentos	Dias de armazenamento						CV (%)
	0	3	6	9	12	15	
Controle	4,80*	5,00	4,87	5,00	5,05	4,91	2,01
PVC 12 μ m	4,80	4,84	4,76	4,82	4,85	4,71	1,49
PVC 14 μ m	4,80	4,75	4,79	4,79	4,74	4,71	1,47
PVC 17 μ m	4,80	4,71	4,78	4,80	4,73	4,73	1,41
PEBD 10 μ m	4,80	4,73	4,81	4,76	4,74	4,67	1,69
PEBD 20 μ m	4,80	4,77	4,67	4,70	4,59	4,58	2,44
PP 0,06 μ m	4,80	4,66	4,64	4,74	4,87	4,86	2,02
PP 10 μ m	4,80	4,83	4,91	4,95	4,86	4,87	2,28
PET	4,80	4,74	4,90	4,87	4,81	4,73	2,01
CV (%)	1,53	1,62	2,41	2,27	1,58	1,80	

*Teste F não significativo.

De maneira geral, houve variação no teor de acidez ao longo do período de armazenamento na maioria das embalagens, em relação à caracterização (tempo zero).

O tratamento controle apresentou diferenças em relação aos tratamentos a partir do 3º dia de avaliação, sendo que este tratamento apresentou teor de acidez inferior a dos demais tratamentos no 3º e 6º dia de avaliação. No 15º dia de avaliação, os tratamentos controle (embalagem perfurada) e PP 0,06 μ m, apresentaram teores de acidez significativamente inferiores aos dos demais tratamentos (Tabela 12).

Rattanapanone e Boonyakiat (2001) e Pesis et al. (2002) observaram um decréscimo nos teores de acidez de lichias ‘Mauritius’ acondicionadas em sacolas de polietileno e armazenadas

sob refrigeração, assim como Mahajan e Goswami (2004), com lichias ‘Bombay’ armazenadas a 2°C e sob atmosfera controlada; Wu et al. (2001), com lichias ‘Feizixiao’ embaladas em polietileno de 30µm e armazenadas a 4°C por 27 dias e Chaiprasart (2005), utilizando filmes de polietileno e PVC em lichias ‘Hong Huai’ armazenadas a 5°C por 12 dias.

Em contrapartida, Sivakumar e Korsten (2006) observaram um acréscimo nos teores de acidez ao longo do armazenamento refrigerado de lichias ‘Mauritius’, em embalagens de polipropileno bioorientado.

Os ácidos orgânicos presentes nos tecidos vegetais podem se encontrar na forma livre ou esterificada (metila, propila, hexila, etc.) e os ácidos fracos livres, na presença de seus sais de potássio, apresentam pequena variação no pH em função do equilíbrio estabelecido no sistema. Na célula, esses ácidos encontram-se associados com seus sais de potássio e constituem sistemas tampões, que têm importante papel, particularmente na regulação da atividade enzimática (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

Tabela 12 - Acidez total (% ácido málico) de lichia ‘Bengal’ acondicionada em diferentes filmes ou embalagens e armazenada a 5°C e 90% UR

Tratamentos	Dias de armazenamento						CV (%)
	0	3	6	9	12	15	
Controle	0,21 a A*	0,17 b B	0,16 a D	0,16 c BC	0,14 c C	0,17 c B	7,09
PVC 12µm	0,21 a A	0,23 a A	0,22 a B	0,21 ab A	0,21 ab A	0,23 ab A	7,01
PVC 14µm	0,21 a A	0,22 a A	0,22 a B	0,21 ab A	0,22 ab A	0,21 abc A	7,80
PVC 17µm	0,21 a A	0,23 a A	0,21 a B	0,21 ab A	0,21 ab A	0,20 abc A	8,53
PEBD 10µm	0,21 a A	0,22 a A	0,21 a B	0,21 ab A	0,21 ab A	0,23 ab A	6,22
PEBD 20µm	0,21 a A	0,21 a A	0,20 a B	0,22 a A	0,23 a A	0,24 a A	10,68
PP 0,06µm	0,21 a AB	0,23 a A	0,20 a C	0,20 abc AB	0,18 bc B	0,18 c B	11,60
PP 10µm	0,21 a A	0,19 ab A	0,19 a B	0,16 bc A	0,18 bc A	0,18 c A	12,70
PET	0,21 a A	0,21 a A	0,20 a B	0,18 abc A	0,19 b A	0,19 bc A	12,31
CV (%)	4,88	8,24	8,84	10,85	9,67	9,52	

*Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Os valores de “ratio” dos frutos não foram significativos para os fatores estudados, sendo que o tratamento controle apresentou valores de “ratio” superiores no 3º dia e a partir do 9º dia de avaliação, até o final do experimento, em comparação aos demais tratamentos (Tabela 13).

A relação SST/AT é uma das formas mais utilizadas para avaliação do sabor, sendo mais representativa que a medição isolada de açúcares ou da acidez. Essa relação dá uma boa idéia do equilíbrio entre esses dois componentes, devendo-se especificar o teor mínimo de sólidos e o máximo de acidez, para se ter uma idéia mais real do sabor (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

Tabela 13 - Valores de ratio (SST/AT) de lichia ‘Bengal’ acondicionada em diferentes filmes ou embalagens e armazenada a 5°C e 90% UR

Tratamentos	Dias de armazenamento					
	0	3	6	9	12	15
Controle	86,40*	107,75	97,30	108,97	121,38	101,01
PVC 12µm	86,40	78,35	98,30	84,91	83,78	77,21
PVC 14µm	86,40	79,35	80,50	82,45	80,32	79,16
PVC 17µm	86,40	74,22	83,63	84,49	82,85	81,09
PEBD 10µm	86,40	80,15	83,70	78,12	82,52	71,15
PEBD 20µm	86,40	83,05	94,31	80,46	73,43	69,39
PP 0,06µm	86,40	72,31	79,25	85,75	95,59	98,10
PP 10µm	86,40	88,41	105,94	106,47	96,75	97,21
PET	86,40	82,45	96,49	101,02	91,68	91,77

*Teste F não significativo.

Os teores de ácido ascórbico dos frutos variaram entre 37,37 e 26,19 mg 100g⁻¹ polpa (Tabela 14), sendo que houve uma redução no terceiro dia, mantendo-se estabilizado até o 15º dia em todos os tratamentos. Reduções dos teores de ácido ascórbico também foram obtidas por Mahajan e Goswami (2004) em lichias ‘Bombay’ armazenadas em atmosfera controlada por 56 dias a 2°C e por Wu et al. (2001). A queda observada pode ser devido ao fato de que o ácido ascórbico é um antioxidante natural e pode ser utilizado em reações antioxidativas (eliminação de radicais livres) que são ativadas em função dos estresses sofridos por membranas celulares

durante a senescência do fruto, e da própria refrigeração (FOYER; DESCOURVIERES; KUNERT, 1994).

Tabela 14 - Teor de ácido ascórbico (mg ácido ascórbico 100g⁻¹) de lichia ‘Bengal’ acondicionada em diferentes filmes ou embalagens e armazenada a 5°C e 90% UR

Tratamentos	Dias de armazenamento						CV(%)
	0	3	6	9	12	15	
Controle	35,38 a A*	34,90 a A	33,43 ab AB	25,51 a C	34,15 ab A	26,69 b BC	10,12
PVC 12µm	35,38 a AB	29,09 b DC	31,82 ab BC	29,54 a DC	36,99 a A	26,19 b D	6,48
PVC 14µm	35,38 a AB	30,72 ab DC	33,07 ab BC	29,47 a DC	37,37 a A	28,53 ab D	5,68
PVC 17µm	35,38 a A	32,89 ab AB	31,93 ab AB	32,26 a AB	28,17 b B	27,68 ab B	9,36
PEBD 10µm	35,38 a A	29,09 b B	34,94 a A	31,36 a AB	31,38 ab AB	27,36 ab B	5,95
PEBD 20µm	35,38 a A	31,72 ab A	32,31 ab A	31,46 a A	31,41 ab A	26,19 b B	6,01
PP 0,06µm	35,38 a A	31,53 ab AB	27,60 b AB	27,67 a AB	31,86 ab AB	26,99 ab B	11,93
PP 10µm	35,38 a A	33,43 ab AB	32,38 ab AB	31,15 a B	34,73 a AB	31,42 a B	5,10
PET	35,38 a AB	35,61 a A	33,79 ab AB	29,21 a BC	33,18 ab AB	26,50 b C	8,59
CV (%)	5,27	7,11	9,49	10,24	7,8	7,19	

*Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

No 15º dia de avaliação, os valores de luminosidade (L*) não apresentaram diferenças significativas em relação aos valores iniciais em todos os tratamentos (Tabela 15). Isso indicou que não foi verificado escurecimento no pericarpo destes frutos. No entanto, decréscimos nos valores de L* foram observados por Rattanapanone e Boonyakiat (2001), trabalhando com lichias ‘Hong Hauy’, ‘Juckapat’ e ‘Gimjeng’ acondicionadas em embalagens de polietileno e armazenadas a 5°C por 7 semanas e por Chaiprasart (2005), utilizando filmes de polietileno e PVC em lichias ‘Hong Huai’ armazenadas a 5°C por 12 dias.

Sivakumar e Korsten (2006) observaram um acréscimo nos valores de L* ao longo do armazenamento refrigerado de lichias ‘Mauritius’ em embalagens de polipropileno bioorientado.

Tabela 15 - Valores de luminosidade (L*) de lichia ‘Bengal’ acondicionada em diferentes filmes ou embalagens e armazenada a 5°C e 90% UR

Tratamentos	Dias de armazenamento						CV (%)
	0	3	6	9	12	15	
Controle	37,00**	35,69	38,90	37,22	37,76	36,89	3,17
PVC 12µm	37,00	37,94	39,50	39,70	41,86	37,13	3,31
PVC 14µm	37,00	37,39	40,08	39,14	42,44	37,99	3,32
PVC 17µm	37,00	39,16	38,83	38,40	41,93	37,97	3,73
PEBD 10µm	37,00	38,51	39,08	39,73	42,95	38,75	4,10
PEBD 20µm	37,00	38,63	38,96	38,57	42,48	37,61	3,90
PP 0,06µm	37,00	37,18	38,67	37,94	38,59	37,49	3,15
PP 10µm	37,00	37,45	38,01	36,97	39,07	36,55	2,35
PET	37,00	38,12	39,63	38,73	39,72	38,79	3,85
CV (%)	0,83	4,1	3,05	3,57	3,23	4,76	

**Teste F não significativo.

Inicialmente os valores de a foram de 26,79, para todos os tratamentos, ao 15º dia de armazenamento, estes valores foram de 21,9; 27,64; 26,42; 24,62; 27,13; 25,77; 25,33; 22,54 e 26,27, para os tratamentos controle (embalagem perfurada), PVC 12µm, PVC 14µm, PVC 17µm, PEBD 10µm, PEBD 20µm, PP 0,06µm, PP 10µm e PET, respectivamente, sendo que neste dia o tratamento controle (embalagem perfurada) provocou valores de a significativamente inferiores aos valores iniciais, o que demonstra que os frutos deste tratamento apresentaram uma coloração menos avermelhada em comparação aos demais tratamentos, sendo este fato indesejável no armazenamento e comercialização deste tipo de fruto (Tabela 16).

Poucas variações nos valores de a foram obtidos por Chaiprasart (2005), utilizando filmes de polietileno e PVC em lichias ‘Hong Huai’ armazenadas a 5°C por 12 dias.

Já, decréscimos nos valores a foram obtidos, por Rattanapanone e Boonyakiat (2001), em lichias ‘Hong Hauy’, ‘Juckapat’ e ‘Gimjeng’ acondicionadas em embalagens de polietileno e

armazenadas a 5°C por 49 dias; e, também, por Mahajan e Goswami (2004), em lichias ‘Bombay’ submetidas à atmosfera controlada e armazenadas a 2°C por 56 dias.

Tabela 16 - Valores de a de lichia ‘Bengal’ acondicionada em diferentes filmes ou embalagens e armazenada a 5°C e 90% UR

Tratamentos	Dias de armazenamento						CV (%)
	0	3	6	9	12	15	
Controle	26,79 a A*	21,67 c B	20,94 c B	23,20 c AB	19,85 b B	21,90 b B	9,38
PVC 12 μ m	26,79 a AB	28,32 a A	28,91 a A	27,36 ab A	23,55 ab B	27,64 a A	5,53
PVC 14 μ m	26,79 a A	27,09 ab A	28,62 a A	26,81 abc A	25,31 a A	26,42 ab A	6,21
PVC 17 μ m	26,79 a A	27,29 ab A	25,60 ab A	25,59 abc A	23,51 ab A	24,62 ab A	8,35
PEBD 10 μ m	26,79 a A	27,46 ab A	27,45 ab A	28,61 a A	25,06 a A	27,13 ab A	7,86
PEBD 20 μ m	26,79 a A	26,49 ab AB	26,29 ab AB	25,36 abc AB	23,60 ab B	25,77 ab AB	5,49
PP 0,06 μ m	26,79 a A	24,33 bc A	25,24 ab A	26,71 abc A	23,76 ab A	25,33 ab A	7,25
PP 10 μ m	26,79 a A	24,70 abc AB	25,22 ab AB	24,75 bc AB	23,84 ab AB	22,54 ab B	7,06
PET	26,79 a A	25,62 ab AB	24,39 bc AB	24,25 bc AB	21,93 ab B	26,27 ab AB	8,26
CV (%)	7,82	6,41	6,06	6,19	8,23	8,76	

*Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Quanto aos valores de b , o tratamento controle (embalagem perfurada) apresentou um decréscimo ao longo do armazenamento em comparação aos valores iniciais, para os demais tratamentos não foram observadas diferenças significativas (Tabela 17). Sabe-se que os valores de b variam de $-b$, para tonalidades azuis, a $+b$, para tonalidades amarelas, assim sendo, o controle apresentou modificação da cor inicial, aproximando-se a tonalidades mais azuis ou em outras palavras mais escuras.

De forma similar, Rattanapanone e Boonyakiat (2001), obtiveram diminuição dos valores de b das lichias ‘Hong Hauy’, ‘Juckapat’ e ‘Gimjeng’ acondicionadas em embalagens de polietileno e armazenadas a 5°C por 7 semanas.

Tabela 17 - Valores de *b* de lichia ‘Bengal’ acondicionada em diferentes filmes ou embalagens e armazenada a 5°C e 90% UR

Tratamentos	Dias de armazenamento						CV (%)
	0	3	6	9	12	15	
Controle	13,02 a A*	10,27 b B	10,99 d AB	11,18 c AB	7,81 b C	10,28 b B	9,54
PVC 12µm	13,02 a A	13,75 a A	14,45 ab A	14,39 ab A	12,27 a A	12,65 ab A	9,35
PVC 14µm	13,02 a AB	12,78 ab B	14,88 a A	13,54 abc AB	12,38 a B	13,17 ab AB	6,84
PVC 17µm	13,02 a A	13,61 a A	13,68 abc A	12,97 abc A	12,20 a A	13,16 ab A	8,98
PEBD 10µm	13,02 a A	13,90 a A	14,23 ab A	15,22 a A	13,54 a A	14,64 a A	8,00
PEBD 20µm	13,02 a A	13,90 a A	13,44 abc A	13,97 ab A	11,99 a A	14,00 a A	9,18
PP 0,06µm	13,02 a AB	12,82 ab AB	13,76 abc A	13,39 abc A	11,42 a B	12,88 ab AB	6,64
PP 10µm	13,02 a AB	13,43 a A	12,65 bcd AB	12,47 bc AB	11,50 a B	11,91 ab AB	6,82
PET	13,02 a A	13,55 a A	12,00 cd A	12,74 abc A	11,54 a A	13,24 ab A	9,59
CV (%)	0,99	10,08	5,77	8,42	9,68	11,36	

*Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Em relação à análise sensorial de aparência, o tratamento controle (embalagem perfurada), apresentou-se significativamente inferior aos demais tratamentos, já, a partir do 3º dia de avaliação, sendo que este mesmo tratamento a partir do 9º dia de avaliação, obteve valores de aparência abaixo do nível mínimo estabelecido para comercialização (inferiores a 5) (Figura 9). Este resultado já era esperado, devido a que o tratamento controle (embalagem perfurada) não apresentava nenhuma barreira física para a troca de gases e de água para com o ambiente de armazenamento, devido justamente às perfurações da mesma, com o qual se acelerou no fruto a sua natural senescência, com a conseqüente perda da aparência desejada para a comercialização dos mesmos.

A análise sensorial da aparência dos frutos dos tratamentos PVC 12µm, PVC 14µm, PVC 17µm e PET apresentaram uma melhor minimização da perda desta aparência, sendo que, no último dia de avaliação, os frutos apresentavam condições de comercialização (Figura 9).

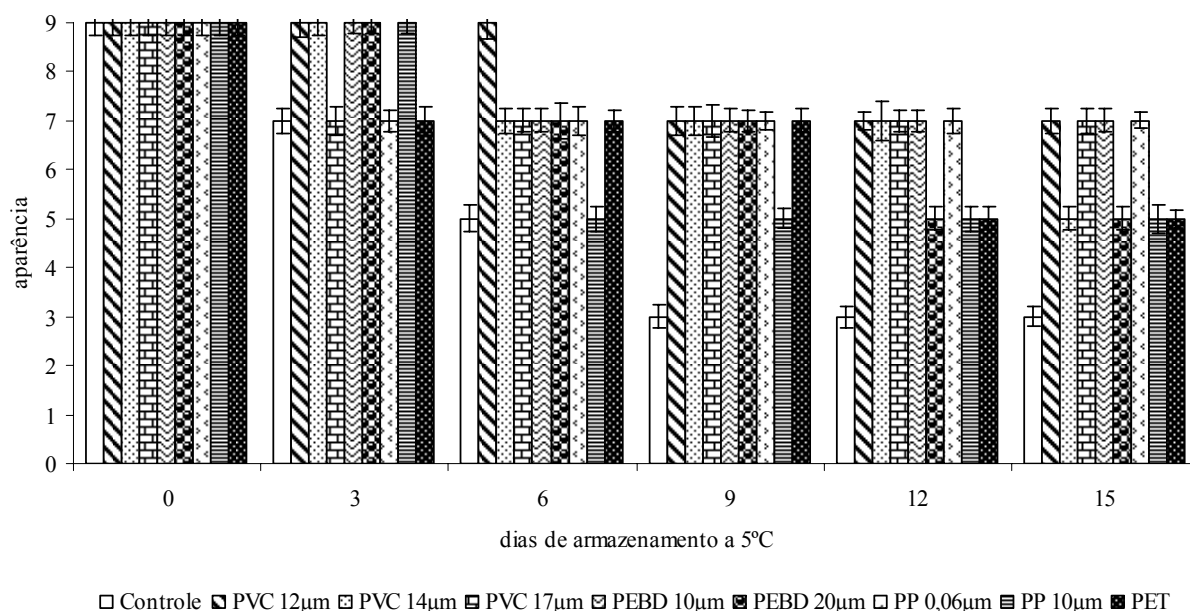


Figura 9 - Valores da análise sensorial de aparência de lichia ‘Bengal’ acondicionada em diferentes filmes ou embalagens e armazenada a 5°C e 90% UR. 9 = frutos com aspecto de frescor e ausência de escurecimento; 7 = frutos com aspecto de frescor, porém com leve escurecimento; 5 = frutos com pouco aspecto de frescor e moderado escurecimento; 3 = frutos sem aspecto de frescor, elevado escurecimento; 1 = frutos totalmente desidratados e escuros. A nota 5 foi considerada como limite de comercialização. Barras verticais representam o erro padrão da média ($n=15$)

A atividade específica inicial da enzima PAL foi de $67,18 \text{ mmoles min}^{-1} \text{ mg}^{-1}$ proteína para todos os tratamentos testados. Os valores obtidos desta atividade ao final do experimento foram de $70,33$; $59,23$; $64,88$; $59,62$; $58,90$; $58,86$; $51,53$; $54,68$ e $58,34 \text{ mmoles min}^{-1} \text{ mg}^{-1}$ proteína para os tratamentos controle, PVC $12\mu\text{m}$, PVC $14\mu\text{m}$, PVC $17\mu\text{m}$, PEBD $10\mu\text{m}$, PEBD $20\mu\text{m}$, PP $0,06\mu\text{m}$, PP $10\mu\text{m}$ e PET, respectivamente (Figura 10).

Como verificado na Figura 10, foi obtida atividade da PAL em todos os tratamentos e ao longo de todo o armazenamento, mas esta atividade não teve um padrão de resposta em função dos tratamentos ou do tempo, tendo somente algumas respostas pontuais, como o obtido no tratamento PEBD $10\mu\text{m}$, que apresentou a maior atividade específica da PAL no 3º dia de experimentação, com valores de atividade específica desta enzima na ordem de $87,13 \text{ mmoles min}^{-1} \text{ mg}^{-1}$ proteína; este mesmo tratamento, apresentou o menor valor de atividade específica desta enzima, com $59,47 \text{ mmoles min}^{-1} \text{ mg}^{-1}$ proteína, ao 9º dia de experimentação. Estes resultados podem ser explicados em parte, pelos teores de O_2 e CO_2 obtidos no interior das

embalagens destes tratamentos, tendo sido verificada uma rápida e significativa redução dos teores de O₂ e acréscimos dos teores de CO₂, já a partir da instalação do experimento, o que pode ter influenciado a atividade desta enzima (Figuras 7, 8 e 10).

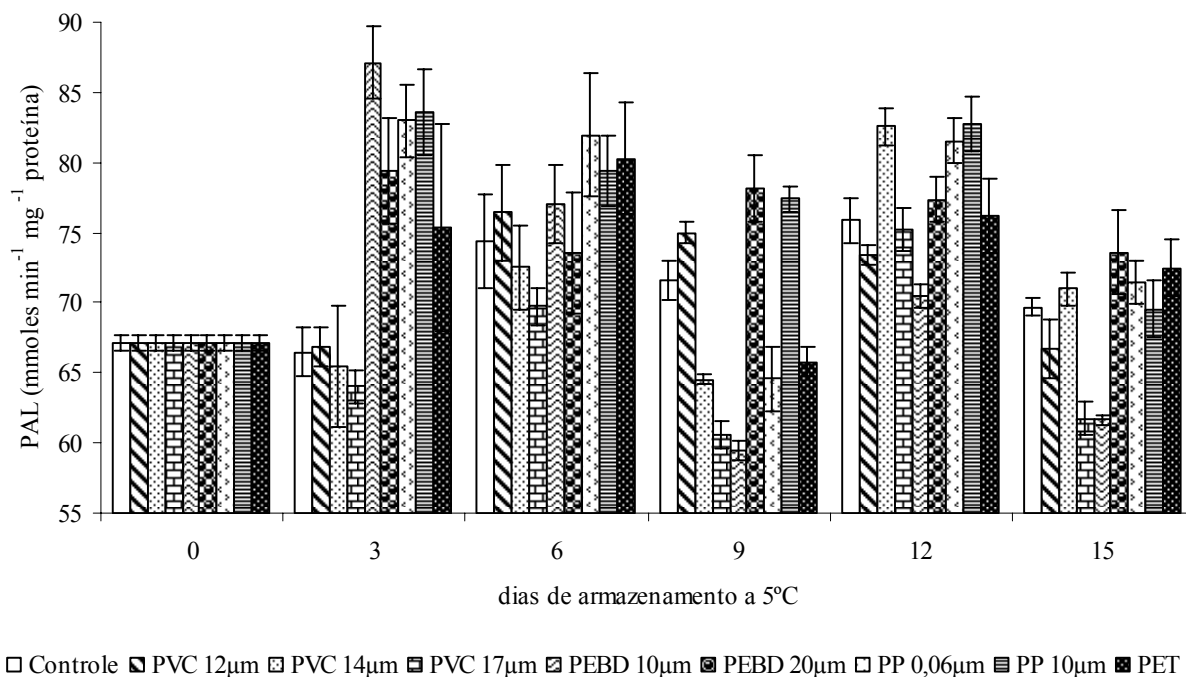


Figura 10 - Atividade específica da enzima fenilalanina amônia-liase (PAL) no pericarpo de lichia 'Bengal' acondicionada em diferentes filmes ou embalagens e armazenada a 5°C e 90% UR. Barras verticais representam o erro padrão da média ($n=3$)

Na Figura 11 são apresentados os valores da atividade específica da enzima POD. A atividade desta enzima foi modificada durante o armazenamento, mas também sem um padrão definido. Acréscimos na atividade da POD num primeiro momento, mas posterior e contínuo decréscimo desta atividade, foram obtidos por Tian; Li e Xu (2005), em lichias 'Heiye' armazenadas a 3°C e 95%UR, sendo que os tratamentos (atmosfera modificada e controlada) não apresentaram diferenças ao longo dos 42 dias de armazenamento.

A POD catalisa reações redox em vegetais, usando tanto o peróxido de hidrogênio como o oxigênio como aceptores de hidrogênio. O mecanismo de ação das POD é baseado na formação de complexos enzima – doador de hidrogênio. É encontrada no citoplasma (forma solúvel), na

parede celular (forma insolúvel), membranas e organelas das células vegetais. Atua na catálise de reações oxidativas, peroxidativas e de hidroxilação. Oxida diferentes doadores de hidrogênio, tais como: fenólicos, aminas, leucobases e compostos heterocíclicos (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

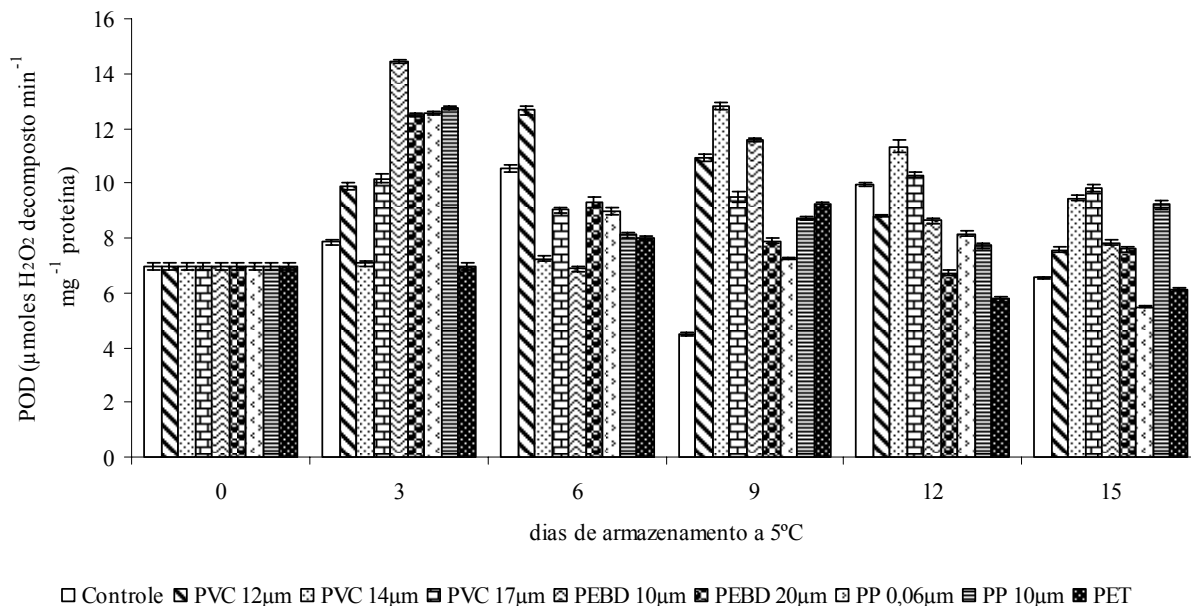


Figura 11 - Atividade específica da enzima peroxidase (POD) no pericarpo de lichia 'Bengal' acondicionada em diferentes filmes ou embalagens e armazenada a 5°C e 90% UR. Barras verticais representam o erro padrão da média ($n=3$)

A atividade específica da enzima PPO, variou ao longo do armazenamento e dentro dos tratamentos, sendo o tratamento controle, o que apresentou o menor valor de atividade específica da enzima no 9º dia de experimentação (Figura 12). Valores de atividade da PPO em lichias sem padrão de resposta em função dos tratamentos nem do tempo de armazenamento, também foram obtidos por Huang et al. (1990) e Rattanapanone e Boonyakiat (2001). Já, decréscimos na atividade desta enzima, foram observadas por Tian; Li e Xu (2005), em lichias 'Heiye' armazenadas a 3°C e 95%UR por 42 dias, tratadas com atmosfera controlada e modificada.

Em resumo, os filmes PP de 0,06 e 10μm, assim como os filmes PEBD de 10 e 20μm, apresentaram reduções drásticas dos teores de O₂ gerando anaerobiose na atmosfera interna

destes tratamentos, sendo este resultado indesejável devido à formação de compostos que conferem odores e sabores desagradáveis aos frutos como consequência desta condição anaeróbica.

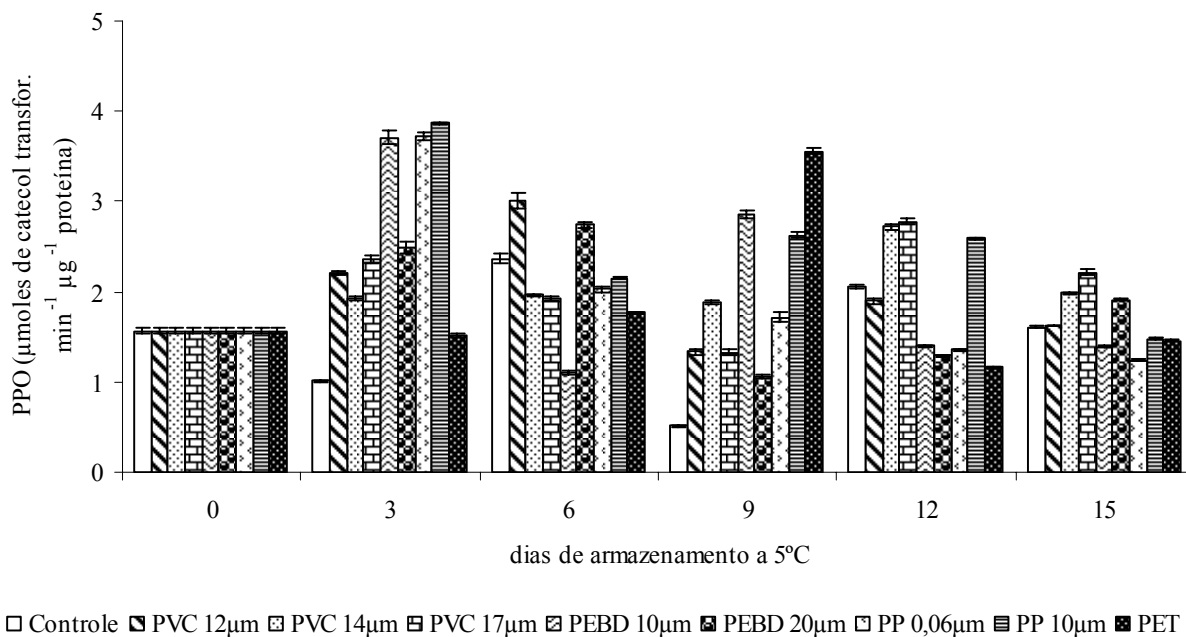


Figura 12 - Atividade específica da enzima polifenoloxidase (PPO) no pericarpo de lichia 'Bengal' acondicionada em diferentes filmes ou embalagens e armazenada a 5°C e 90% UR. Barras verticais representam o erro padrão da média ($n=3$)

O tratamento controle (embalagem perfurada) provocou decréscimos significativos na coloração vermelha característica do pericarpo do fruto, o que foi verificado pela redução da variável resposta *a*. Além disso, este tratamento provocou o pior desempenho na análise sensorial da aparência da lichia, inviabilizando a comercialização da mesma. Já, os tratamentos com filmes de PVC de 12, 14 e 17µm, assim como as embalagens PET, apresentaram valores sensoriais de aparência aceitáveis para comercialização até o final do experimento; assim como respostas físicas, químicas e bioquímicas não prejudiciais para a qualidade destes frutos.

3.3 Conclusão

Os filmes de policloreto de vinila (PVC) de 12, 14 e 17 µm e a embalagem de tereftalato de polietileno (PET) são os melhores filmes ou embalagens para o armazenamento de lichias 'Bengal' a 5°C durante 15 dias.

Referências

CHAIPRASART, P. Effect of modified atmosphere packaging by PE and PVC on quality changes of lychee fruits. **Acta Horticulturae**, Netherlands, n.665, p.373-380, 2005.

CHITARRA, M.I.; CHITARRA, A.B. **Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio**. Lavras: ESAL/FAEPE, 2005. 535p.

FINGER, F.L.; VIEIRA, G. **Controle da perda pós-colheita de água em produtos hortícolas**. Viçosa: Editora UFV, 1997. 29p.

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

GAVA, A.J. **Princípios de tecnologia de alimentos**. São Paulo: Nobel, 1984. 284p.

HUANG, S.; HART, H.; LEE, H.; WICKER, L. Enzymatic and colour changes during postharvest storage of lychee fruit. **Journal of Food Science**, Massachusetts, v.55, p.1762-1763, 1990.

JIANG, Y.M.; FU, J.R. Post-harvest browning of litchi fruit by water loss and its prevention by controlled atmosphere storage at high relative humidity. **Lebensmittel-Wissenschaft Technologie**, Oxford, v.32, p.278-283, 1999.

MAHAJAN, P.V.; GOSWAMI, T.K. Extended storage life of litchi fruit using controlled atmosphere and low temperature. **Journal of Food Processing and Preservation**, Massachusetts, v.28, p.388-403, 2004.

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

RATTANAPANONE, N.; BOONYAKIAT, D. Effect of packaging materials on shelf-life and physico-chemical changes during storage of lychee fruit. **Acta Horticulturae**, Netherlands, v.553, p.611-612, 2001.

SAS INSTITUTE, INC. **The SAS System for Windows** – Release 8,02. Cary, NC, 1998.

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

SIVAKUMAR, D.; KORSTEN, L. Influence of modified atmosphere packaging and postharvest treatments on quality retention of litchi cv. Mauritius. **Postharvest Biology and Technology**, Netherlands, v.41, n.2, p.135-142, 2006.

TIAN, S.P.; LI, B.Q.; XU, Y. Effects of O₂ and CO₂ concentrations on physiology and quality of litchi fruit in storage. **Food Chemistry**, London, v.91, p.659-663, 2005.

UNDERHILL, S.J.R. **An overview of lychee postharvest technology**. Queensland, Australian: Rural Industries Research and Development Corporation, 1992. 8p.

WILEY, R.C. **Minimally processed refrigerated fruits and vegetables**. New York: Chapman & Hall, 1994. 368p.

WU, Z.; SU, M.; JI, Z.; CHEN, W.; HAN, D. A study of the behavior of 'Feizixiao' litchi Turing storage. **Acta Horticulturae**, Netherlands, v.558, p.381-386, 2001.

4 EFEITO DE ANTIOXIDANTES NA CONSERVAÇÃO DE LICHIA

Resumo

Este experimento visou avaliar a utilização de antioxidantes no controle do escurecimento do pericarpo de lichias ‘Bengal’. Os tratamentos (imersão por 3 minutos) foram: T1: sem tratamento (água destilada); T2: imersão em solução de 4-hexylresorcinol (300 mg L^{-1}); T3: imersão em solução de ácido ascórbico (300 mg L^{-1}); T4: imersão em solução de ácido cítrico (300 mg L^{-1}); e T5: imersão em solução de ácido cítrico + ácido ascórbico (300 mg L^{-1}). O delineamento experimental foi inteiramente ao acaso, com esquema fatorial de 5×6 (antioxidantes x tempo). Os frutos foram acondicionados em bandejas de poliestireno expandido e recobertos com filme de policloreto de vinila (PVC) de $14\mu\text{m}$ de espessura, sendo avaliados a cada 3 dias por um período de 15 dias de armazenamento a 5°C e 90% UR. Determinou-se: taxa respiratória, produção de etileno, perda de massa fresca, sólidos solúveis totais, pH, acidez titulável, “ratio”, teor de ácido ascórbico, coloração (L^* , a e b), análise sensorial (aparência), atividades específicas das enzimas fenilalanina amônia-liase, peroxidase e polifenoloxidase. Os antioxidantes utilizados alteraram a respiração dos frutos, sendo que os tratamentos que continham ácido cítrico apresentaram taxa respiratória inferior ao controle, entretanto com prejuízo à aparência dos frutos. Nenhum tratamento com antioxidante conseguiu reduzir o escurecimento do pericarpo dos frutos durante o armazenamento refrigerado.

Palavras-chave: *Litchi chinensis* Sonn.; Escurecimento enzimático; Respiração; Radicais livres

ANTIOXIDANTS EFFECT IN LYCHEE CONSERVATION

Abstract

This experiment aimed to evaluate the use of antioxidants in the lychees 'Bengal' pericarp browning control. The treatments (immersion for 3 minutes) applied were: T1: without treatment (distilled water); T2: immersion in 4-hexylresorcinol (300 mg L^{-1}) solution; T3: immersion in ascorbic acid (300 mg L^{-1}) solution; T4: immersion in citric acid (300 mg L^{-1}) solution; and T5: immersion in citric acid + ascorbic acid (300 mg L^{-1}) solution. Completely randomized experimental design, with factorial 5×6 (antioxidants \times time) was utilized. The fruits were placed in expanded polystyrene trays, wrapped in $14\mu\text{m}$ thick polyvinyl chloride (PVC) film, and were evaluated every 3 days for 15 days of storage at 5°C and 90% RH. Respiratory rate, ethylene production, weight loss, soluble solids, pH, titratable acidity, ratio, ascorbic acid content, color (L^* , a and b), sensorial analysis (appearance), specific activity of phenylalanine ammonia-lyase, peroxidase and polyphenol oxidase enzymes were determined. The use of antioxidants altered the fruit respiration, and the treatments that contained citric acid presented inferior respiratory rate to the control, meantime with damage to the fruits appearance. Any treatment with antioxidant could reduce the pericarp browning of the fruits during the cold storage.

Keywords: *Litchi chinensis* Sonn.; Enzymatic browning; Respiration; Free radicals

4.1 Introdução

Com o aumento do consumo de frutas exóticas no mercado mundial, o cultivo da lichia aumentou nas décadas passadas. Em 2001, a produção mundial de lichia foi de aproximadamente 2.000.000 toneladas, sendo a maioria produzida na China, Índia e Tailândia. Além disso, novas plantações estão sendo feitas, assegurando, assim, um crescimento contínuo na produção mundial de lichia (MENZEL; WAITE, 2005).

Os dois principais problemas existentes na pós-colheita dos frutos desta espécie são as doenças pós-colheita e o rápido escurecimento do pericarpo. O escurecimento pode iniciar-se ainda quando o fruto se encontra ligado à planta-mãe. Em determinadas condições de armazenamento, este escurecimento causa a perda do valor comercial do fruto em um curto intervalo de tempo (1 a 3 dias).

O escurecimento enzimático consiste, basicamente, na oxidação de substratos fenólicos e a subsequente polimerização não enzimática das *o*-quinonas, moléculas muito reativas que se condensam rapidamente, combinando-se com grupos aminos ou sulfídricos das proteínas e dos açúcares redutores, formando pigmentos escuros de alto peso molecular e estrutura desconhecida denominada melanina (ARAÚJO, 1995).

Este experimento visou avaliar a utilização de antioxidantes no controle do escurecimento do pericarpo em lichia ‘Bengal’ durante o armazenamento refrigerado.

4.2 Desenvolvimento

4.2.1 Revisão Bibliográfica

A lichia é uma drupa, que apresenta uma polpa translúcida (arilo), doce e succulenta, e pela presença do pigmento antocianina, seu pericarpo tem uma cor vermelha muito atrativa. Porém, uma vez colhido, sob condições ambientais, perde todas estas qualidades em apenas dois dias, esta curta vida pós-colheita limita grandemente a comercialização desta fruta (HUANG; XU, 1983; PAULL; CHEN, 1987; HUANG, 2002).

O escurecimento enzimático do pericarpo da lichia é o primeiro sinal visível do declínio da qualidade do fruto. O escurecimento acontece nos primeiros dias após a colheita, causado provavelmente pela desidratação do pericarpo. Com perda de massa fresca inicial no pericarpo acima de 30%, os frutos de lichia escurecem e acima de 50% de perda de massa fresca inicial, o

pericarpo está completamente escurecido (CHEN; HONG, 1992; JIANG; FU, 1999). As antocianinas presentes no pericarpo destes frutos, também são propensas ao escurecimento enzimático e não enzimático, conduzindo, frequentemente, à obtenção de compostos escuros denominados melaninas (KAYSER, 1994).

O escurecimento do pericarpo da lichia é causado pela oxidação dos substratos fenólicos catalisados pela polifenoloxidase (PPO) (LI; YAN, 1963; UNDERHILL; CRITCHLEY, 1993). Em tecidos intactos, a PPO está separada de seus substratos devido à compartimentação das membranas (MOSKOWIZ; HRADZINA, 1981; MAYER, 1987). A perda da integridade da membrana permite o contato da enzima com seu substrato, iniciando a reação de escurecimento enzimático. Uma perda rápida da integridade da membrana da lichia foi verificada após colheita, ao obter-se aumento do vazamento de eletrólitos (LIN et al., 1988; CHEN; HONG, 1992; JIANG; FU, 1999). Fenilalanina amônia-liase (PAL), polifenoloxidase (PPO) e outras enzimas (POD) contribuem direta ou indiretamente para o escurecimento enzimático (ROLLE; CHISM, 1987).

O processo de escurecimento é desencadeado quando os substratos fenólicos de localização vacuolar entram em contato com as enzimas catalizadoras das reações de oxidações dos polifenóis (PPO), de localização citossólica, e que estão associadas às estruturas de membranas dos plastídios. O escurecimento enzimático ocorre quando os substratos fenólicos, as PPOs e o oxigênio se encontram em condições ideais de pH (6 a 8), temperatura e atividade da água (ARTES; CASTANER; GIL, 1998). A principal enzima responsável pelas reações de escurecimento é a PPO, embora também seja possível a participação de outras enzimas, tais como a POD.

Os agentes redutores ou antioxidantes previnem o escurecimento através da redução das *o*-quinonas, formadas enzimaticamente, as difenóis incolores correspondentes, podendo também reagir irreversivelmente com as *o*-quinonas, formando compostos incolores estáveis. Como exemplo destas substâncias tem-se o ácido ascórbico e seus derivados (ARTES; CASTANER; GIL, 1998).

O efeito benéfico do ácido ascórbico se atribui a vários aspectos, sendo um destes o efeito de captação do oxigênio e proteção, formando uma barreira que impede a difusão do oxigênio para o interior do produto, reduzindo as quinonas geradas e inibindo as PPOs (ARTES; CASTANER; GIL, 1998).

O ácido cítrico, também, pode ser utilizado como antioxidante e como agente quelante, sendo usado sinergisticamente com os ácidos ascórbico ou eritórbito e seus sais neutros para quelar peroxidantes, os quais podem causar rancidez e inativar enzimas como a PPO, que causa reações de escurecimento (WILEY, 1994).

Dentro dos dihidroxi-fenóis tem-se o resorcinol e um derivado do anterior composto químico, o 4-hexylresorcinol, que é outro agente antioxidante que pode ser utilizado nos vegetais (MAYER, 2006), este antioxidante é uma substância química patenteada em 1991 e utilizada durante muito tempo em medicamentos, tendo o “Food and Drug Administration” - FDA dos Estados Unidos dado o “status” de substância “generally recognized as safe” - GRAS ao 4-hexylresorcinol na prevenção da perda da cor característica do camarão. O 4-hexylresorcinol inibe a PPO, e a eficiência deste antioxidante já foi comprovada no controle do escurecimento de maçãs, manga, alface e batatas cortadas (McEVILY; IYENGAR; OTWELL, 1991; McEVILY; IYENGAR; OTWELL, 1992; LAURILA; KERVINEN; AHVENAINEN, 1998; GONZÁLEZ-AGUILAR; WANG; BUTA, 2000). Porém, em abacaxi o uso deste antioxidante não apresentou vantagens em relação ao tratamento controle (SILVA et al., 2007).

No que diz respeito às antocianinas, a coloração de uma mesma antocianina pode variar no pericarpo da lichia pela sua associação com cátions, pelo efeito do pH e pela associação com outros compostos presentes no fruto, notadamente outros flavonóides não-antociânicos. As antocianinas sofrem profundas mudanças em sua cor em diferentes pHs, em meio ácido, encontram-se na forma de sais de oxônio e geralmente apresentam cor vermelho-brilhante. Com o aumento do pH, as antocianinas apresentam estrutura quinoidal e cor púrpura e, em meio alcalino, sua cor é azul (BOBBIO; BOBBIO, 2001; KOBLITZ, 2008).

4.2.2 Material e Métodos

O experimento foi desenvolvido no Laboratório de Fisiologia e Bioquímica Pós-Colheita do Departamento de Ciências Biológicas da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (ESALQ/USP), no município de Piracicaba-SP.

Lichias ‘Bengal’ foram adquiridas de um produtor da região de Limeira-SP, localizada a 22° 33’54” de latitude Sul, 47° 24’09” de longitude Oeste e 588 m de altitude. Imediatamente, após a colheita, os frutos foram transportados até o Laboratório, onde foram selecionados quanto à maturação, ausência de danos mecânicos e podridões visíveis. Posteriormente, foram

armazenados a 10°C por um período de 4 horas. Após este período aplicaram-se os seguintes tratamentos (imersão por 3 minutos): T1 = Sem tratamento (imersão em água) (pH=7,0); T2 = Imersão em solução de 4-hexylresorcinol (300 mg L⁻¹) (pH=4,68); T3 = Imersão em solução de ácido ascórbico (300 mg L⁻¹) (pH=3,36); T4 = Imersão em solução de ácido cítrico (300 mg L⁻¹) (pH=3,0) e T5 = Imersão em solução de ácido cítrico + ácido ascórbico (300 mg L⁻¹) (pH=3,15). Após escorrido o excesso dos tratamentos, os frutos foram acondicionados em bandejas de poliestireno expandido e recobertos com filme de policloreto de vinila (PVC) de 14µm de espessura e armazenados a 5°C (±1°C) e 90%UR(±5%UR) durante 15 dias, sendo avaliados a cada 3 dias.

O delineamento experimental foi inteiramente ao acaso em esquema fatorial de 5 x 6 (antioxidantes x tempo). Foram utilizadas seis repetições por tratamento nas determinações de taxa respiratória e produção de etileno; quatro repetições por tratamento nas análises físico-químicas, sendo cada uma composta por 150g de frutos e três repetições por tratamento para as análises enzimáticas.

As seguintes determinações foram realizadas: taxa respiratória, produção de etileno, perda de massa fresca (%), teor de sólidos solúveis totais (SST), pH, acidez titulável (AT), “ratio” (SST/AT), teor de ácido ascórbico (vitamina C), coloração (L*, *a* e *b*), avaliação sensorial (aparência), atividades específicas das enzimas fenilalanina amônia-liase (PAL), peroxidase (POD), polifenoloxidase (PPO) e proteínas solúveis (Capítulo 2, item 2.2.2).

Os resultados obtidos foram analisados pelo programa SAS Institute (1998), onde foram submetidos à análise de variância (teste F) e comparação de médias pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

4.2.3 Resultados e Discussão

Os tratamentos que continham ácido cítrico apresentaram menor taxa respiratória ao longo do armazenamento (Figura 13). O ácido cítrico é um dos controladores do metabolismo respiratório celular. Segundo Taiz e Zeiger (2009), o acúmulo de ácido cítrico inibe a ação da piruvato quinase citossólica, aumentando a concentração de fosfoenolpiruvato no citossol que, por sua vez, reduz a taxa de conversão de frutose 6 – fosfato em frutose 1,6 – bisfosfato, inibindo, assim, a glicólise. O ácido cítrico também reduz o pH citosólico e parece influenciar diretamente a atividade da fosfofrutoquinase (KATO–NOGUCHI; WATADA, 1997).

A fosfofrutoquinase é a enzima mais importante da glicólise, uma das três etapas da respiração, e catalisa a reação de conversão de frutose 6 – fosfato em frutose 1,6 – bisfosfato (KOBLOITZ, 2008).

Os valores de taxa respiratória, para todos os tratamentos, tiveram um acréscimo no 2º dia de armazenamento (Figura 13), mantendo-se com certas oscilações até o final do experimento, o que, provavelmente, se deve ao estresse causado pela colheita, estresse este que incrementa o metabolismo dos frutos num primeiro instante.

Segundo Chen et al. (1987), a taxa respiratória destes frutos é alta, ao redor de 200 mL CO₂ kg⁻¹ h⁻¹, em temperatura ambiente, e de 60-80 mL CO₂ kg⁻¹ h⁻¹ sob armazenamento refrigerado, valores estes superiores aos encontrados no presente trabalho.

Da mesma forma, Peng e Cheng (2001) observaram taxas respiratórias iniciais altas, em torno de 250 mL CO₂ kg⁻¹ h⁻¹, com posterior e contínuo declínio até estabilizar-se em, aproximadamente, 40 mL CO₂ kg⁻¹ h⁻¹ em lichias ‘Heiye’ tratadas com ácido clorídrico e armazenadas a 4°C por 40 dias.

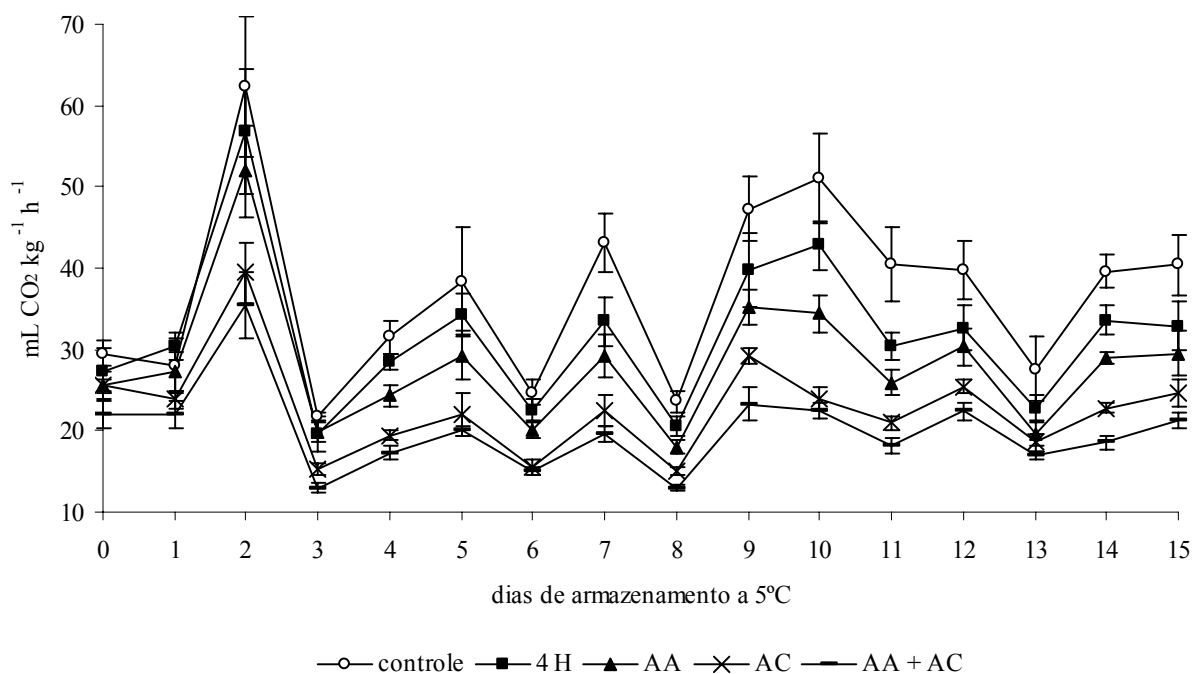


Figura 13 - Taxa respiratória (mL CO₂ kg⁻¹ h⁻¹) de lichia ‘Bengal’ submetida a antioxidantes e armazenada a 5°C e 90% UR. Controle (água destilada); 4H: solução de 4-hexylresorcinol (300 mg L⁻¹); AA: solução de ácido ascórbico (300 mg L⁻¹); AC: solução de ácido cítrico (300 mg L⁻¹); AA + AC: solução de ácido cítrico + ácido ascórbico (300 mg L⁻¹). Barras verticais representam o erro padrão da média (n=6)

Frequentemente, durante a oxidação de um substrato, a conversão a CO_2 não é completa e os intermediários formados são utilizados pelas células para reações de síntese, tais como a formação de aminoácidos, nucleotídeos, pigmentos, lipídeos e componentes do “flavor” (sabor e aroma). Portanto, as rotas respiratórias fornecem precursores chamados de esqueletos carbônicos, que são necessários para a síntese de um grande número de produtos vegetais (CALEGARIO, 2001).

Foi detectada produção de etileno em todos os tratamentos, sendo que esta produção foi decrescendo no decorrer do armazenamento. Ao início do experimento, o tratamento controle apresentou a maior produção de etileno, $356,00 \text{ nL C}_2\text{H}_4 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$, obtendo, em comparação aos demais tratamentos, uma maior produção de etileno em praticamente todos os dias avaliados (Figura 14).

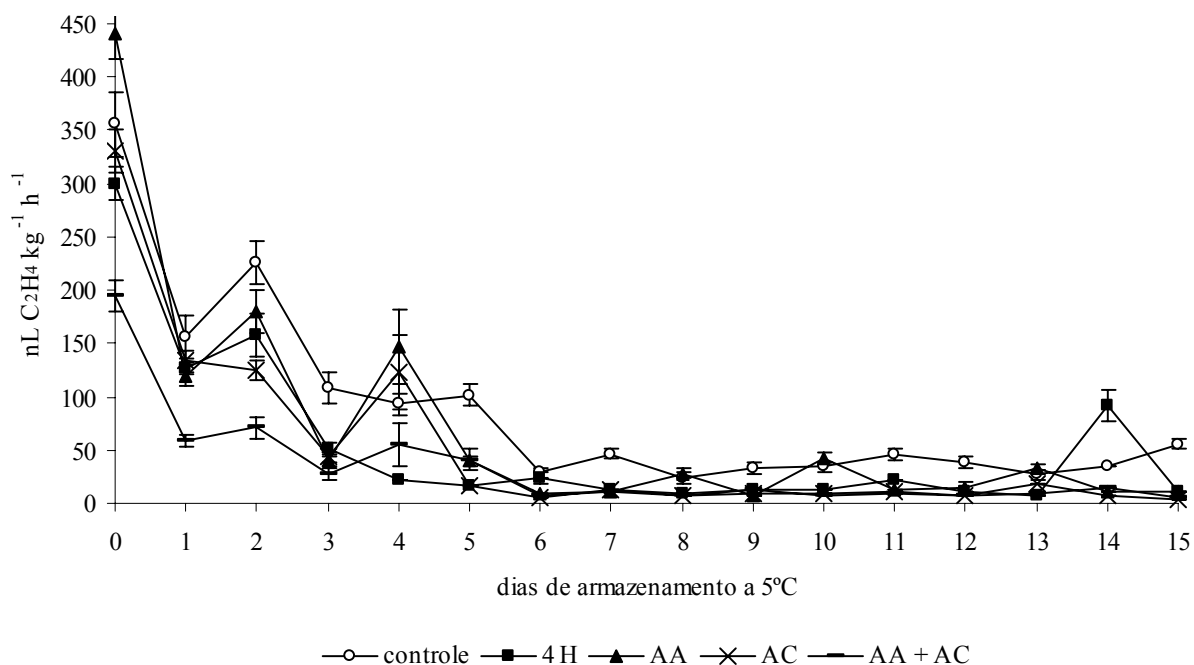


Figura 14 - Produção de etileno ($\text{nL C}_2\text{H}_4 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$) de lichia ‘Bengal’ submetida a antioxidantes e armazenada a 5°C e 90% UR. Controle (água destilada); 4H: solução de 4-hexylresorcinol (300 mg L^{-1}); AA: solução de ácido ascórbico (300 mg L^{-1}); AC: solução de ácido cítrico (300 mg L^{-1}); AA + AC: solução de ácido cítrico + ácido ascórbico (300 mg L^{-1}). Barras verticais representam o erro padrão da média ($n=6$)

Valores superiores de produção de etileno, mas também decrescentes, foram obtidos por Terdbaramee; Ratanakhanokchai e Kanlayanarat (2003), em lichias ‘Khom’ tratadas ou não com

ácido cítrico e armazenadas a 5°C. Entretanto, Huang; Kang e Ji (1990) observaram, em lichias ‘Huaizhi’ produção de etileno gradualmente crescente ao longo do armazenamento a 5 e 8°C.

De maneira geral, a perda de massa fresca aumentou no decorrer do período de armazenamento, sendo similar entre os tratamentos controle, 4-hexylresorcinol e ácido ascórbico, em praticamente todos os dias avaliados, entretanto estas perdas foram inferiores a 1%. Nos frutos tratados com ácido cítrico (T4 e T5), as perdas de massa fresca foram significativamente maiores ao longo de todo o experimento (Figura 15).

Perdas de massa fresca de 2% foram observadas, por Terdbamee; Ratanakhanokchai e Kanlayanarat (2003), em lichias ‘Khom’ tratadas ou não com ácido cítrico e armazenadas a 5°C por 42 dias. Já, Caro e Joas (2005), assim como Joas et al. (2005) observaram perdas de massa fresca superiores a 3% em lichias ‘Kway Mi’ tratadas com ácido cítrico e tártarico armazenadas a 10°C por 10 dias.

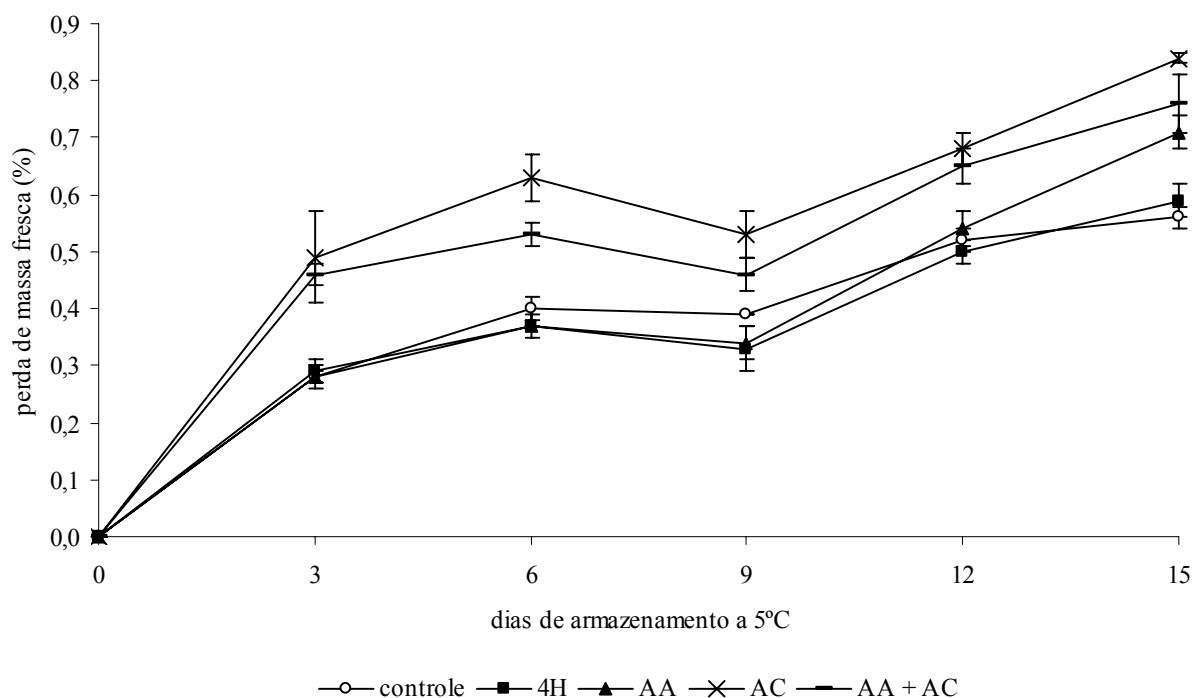


Figura 15 - Perda de massa fresca (%) de lichia ‘Bengal’ submetida a antioxidantes e armazenada a 5°C e 90% UR. Controle (água destilada); 4H: solução de 4-hexylresorcinol (300 mg L⁻¹); AA: solução de ácido ascórbico (300 mg L⁻¹); AC: solução de ácido cítrico (300 mg L⁻¹); AA + AC: solução de ácido cítrico + ácido ascórbico (300 mg L⁻¹). Barras verticais representam o erro padrão da média (n=4)

Avaliando-se os frutos ao início e no último dia do experimento, os teores de sólidos solúveis totais variaram entre 18,4 e 19,2°Brix, sem entretanto apresentarem diferenças significativas entre os tratamentos (Figura 16).

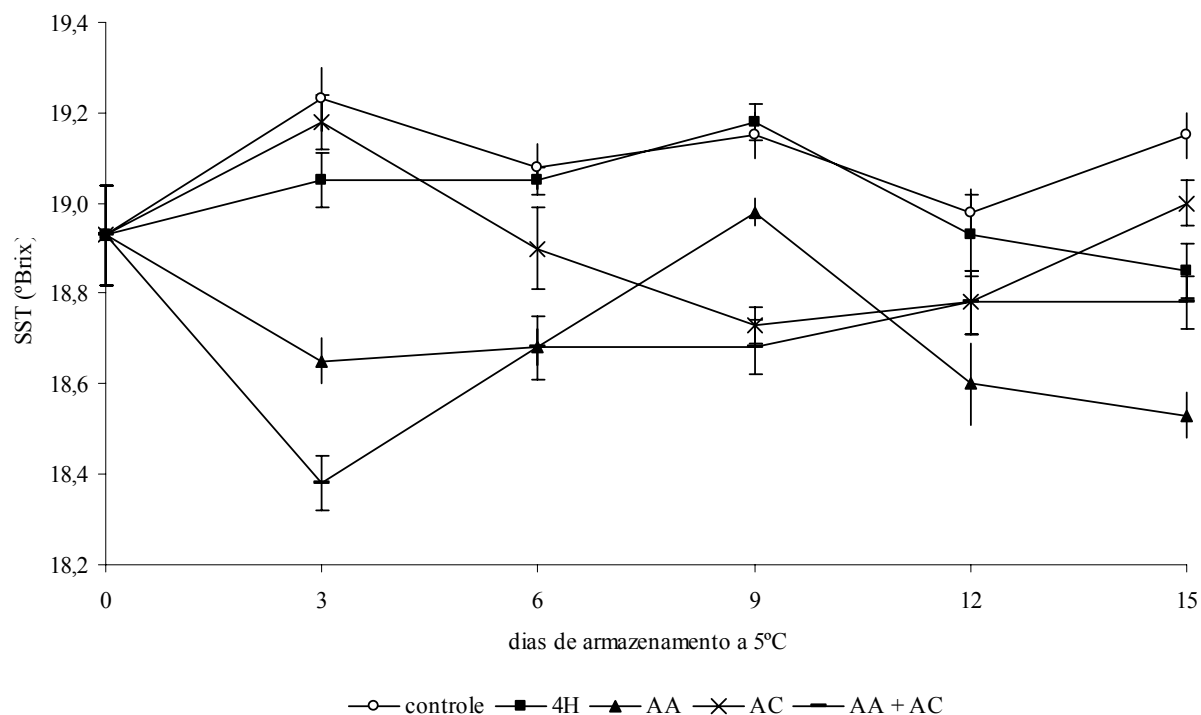


Figura 16 - Sólidos solúveis totais (°Brix) de lichia 'Bengal' submetida a antioxidantes e armazenada a 5°C e 90% UR. Controle (água destilada); 4H: solução de 4-hexylresorcinol (300 mg L⁻¹); AA: solução de ácido ascórbico (300 mg L⁻¹); AC: solução de ácido cítrico (300 mg L⁻¹); AA + AC: solução de ácido cítrico + ácido ascórbico (300 mg L⁻¹). Barras verticais representam o erro padrão da média (n=4)

Houve pouca variação nos valores de pH ao longo do armazenamento (Figura 17), tendo variado de 3,93 a 4,81.

Acréscimos do pH da polpa de lichia 'Groff' foram obtidos, por Paull et al. (1984), ao longo do armazenamento e, também, por Terdbaramee; Ratanakhanokchai e Kanlayanarat (2003), em lichias 'Khom' tratadas ou não com ácido cítrico e armazenadas a 5°C por 42 dias..

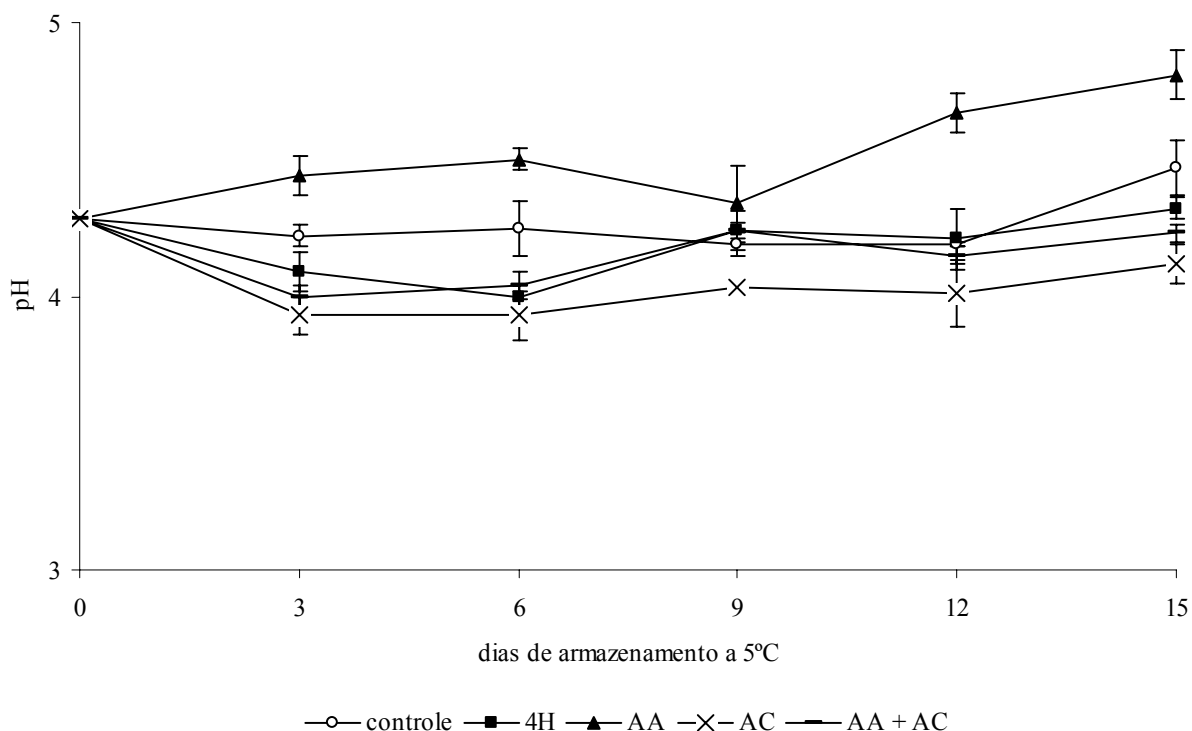


Figura 17 - Valores de pH de lichia 'Bengal' submetida a antioxidantes e armazenada a 5°C e 90% UR. Controle (água destilada); 4H: solução de 4-hexylresorcinol (300 mg L⁻¹); AA: solução de ácido ascórbico (300 mg L⁻¹); AC: solução de ácido cítrico (300 mg L⁻¹); AA + AC: solução de ácido cítrico + ácido ascórbico (300 mg L⁻¹). Barras verticais representam o erro padrão da média (n=4)

Os frutos submetidos ao ácido ascórbico apresentaram a partir do 3º dia de avaliação e até o final do armazenamento, valores de acidez titulável significativamente inferiores aos demais tratamentos (Figura 18). Já, o tratamento com ácido cítrico apresentou os maiores valores de acidez, também a partir do 3º dia e até o final do experimento.

Diferenças significativas foram observadas ao 15º dia de avaliação nos teores de acidez titulável dos frutos dos tratamentos controle, 4-hexylresorcinol e ácido ascórbico, sendo que neste dia, foram observados para estes tratamentos, valores estatisticamente inferiores aos seus respectivos valores iniciais de acidez titulável (Figura 18). O tratamento com ácido ascórbico apresentou ao final do experimento o menor valor de acidez (0,20% de ácido málico).

Ao aplicar ácidos externamente ao produto, estes poderiam incrementar o teor de acidez titulável, uma vez que para esta determinação, são quantificados todos os ácidos presentes no produto. Fato este claramente observado no tratamento com ácido cítrico (T4), a partir do 3º dia

até o final do experimento. Para o tratamento com ácido ascórbico este incremento não ocorreu, devido, provavelmente, a que este ácido esteja sendo consumido mais rapidamente em reações antioxidativas.

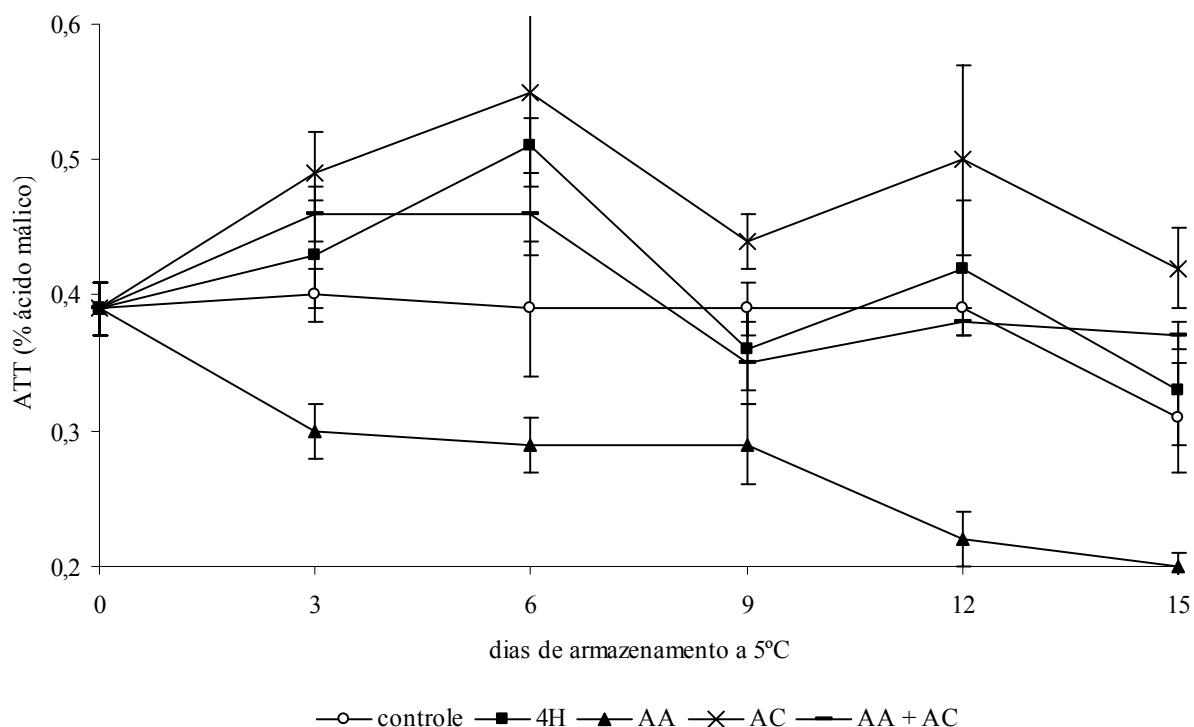


Figura 18 - Valores de acidez total (% ácido málico) de lichia ‘Bengal’ submetida a antioxidantes e armazenada a 5°C e 90% UR. Controle (água destilada); 4H: solução de 4-hexylresorcinol (300 mg L⁻¹); AA: solução de ácido ascórbico (300 mg L⁻¹); AC: solução de ácido cítrico (300 mg L⁻¹); AA + AC: solução de ácido cítrico + ácido ascórbico (300 mg L⁻¹). Barras verticais representam o erro padrão da média (n=4)

Os frutos correspondentes ao tratamento com ácido ascórbico apresentaram os maiores valores de “ratio” a partir do 3º dia de avaliação e até o final do experimento, em comparação aos demais tratamentos (Figura 19). Isto se deve à redução da acidez titulável que apresentaram os frutos deste tratamento.

Os valores de “ratio” (SST/AT) obtidos neste experimento estão acima da faixa requerida em países, como a Austrália, ao momento da colheita, onde se exige que os frutos colhidos apresentem um valor mínimo de “ratio” na faixa de 30-40 (PESIS et al., 2002).

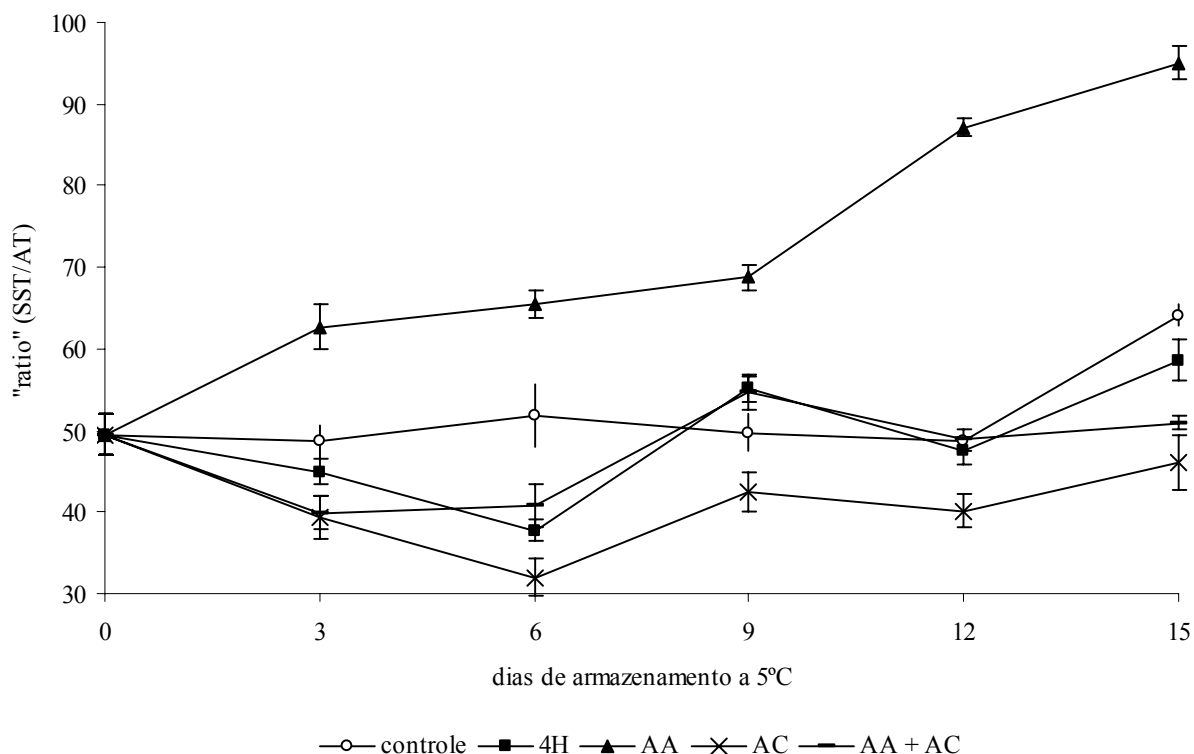


Figura 19 - Valores de “ratio” (SST/AT) de lichia ‘Bengal’ submetida a antioxidantes e armazenada a 5°C e 90% UR. Controle (água destilada); 4H: solução de 4-hexylresorcinol (300 mg L⁻¹); AA: solução de ácido ascórbico (300 mg L⁻¹); AC: solução de ácido cítrico (300 mg L⁻¹); AA + AC: solução de ácido cítrico + ácido ascórbico (300 mg L⁻¹). Barras verticais representam o erro padrão da média (n=4)

Verificou-se que os frutos submetidos aos diferentes tratamentos (incluindo o controle) apresentaram, ao longo do armazenamento, perdas no conteúdo de ácido ascórbico em comparação ao valor inicial, sendo estas perdas maiores nos tratamentos que continham ácido cítrico.

Inicialmente, os frutos continham 36,44 mg de ácido ascórbico 100g⁻¹, enquanto que no décimo quinto dia de armazenamento os valores observados foram 27,71; 26,40; 28,69; 23,33 e 25,04 mg 100g⁻¹ nos tratamentos controle, 4-hexylresorcinol, ácido ascórbico, ácido cítrico e ácido ascórbico + ácido cítrico, respectivamente (Figura 20).

Sabe-se que o ácido ascórbico é um antioxidante e reage com os radicais livres, produtos do metabolismo normal ou sob estresse dos vegetais, com a sua conseguinte degradação e redução ao longo do armazenamento, como ocorrido neste experimento.

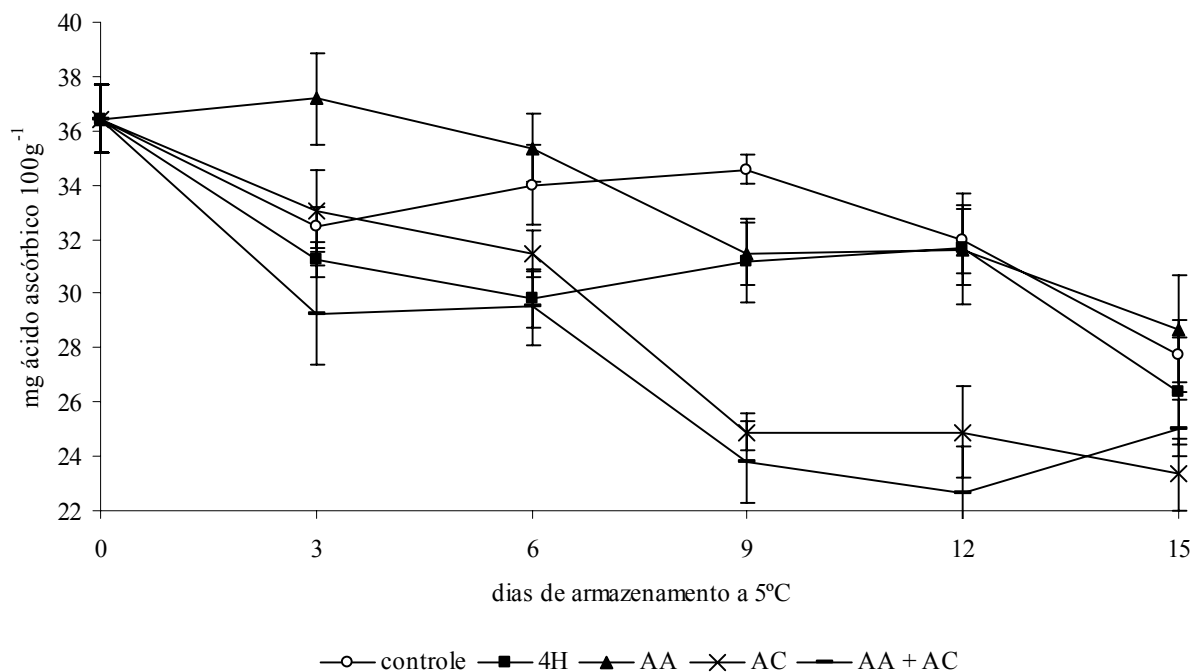


Figura 20 - Teor de ácido ascórbico (mg ácido ascórbico 100g⁻¹) de lichia 'Bengal' submetida a antioxidantes e armazenada a 5°C e 90% UR. Controle (água destilada); 4H: solução de 4-hexylresorcinol (300 mg L⁻¹); AA: solução de ácido ascórbico (300 mg L⁻¹); AC: solução de ácido cítrico (300 mg L⁻¹); AA + AC: solução de ácido cítrico + ácido ascórbico (300 mg L⁻¹). Barras verticais representam o erro padrão da média (*n*=4)

Nos processos biológicos há formação de uma variedade de radicais livres (ERENEL; ERBAS; ARICIOGLU, 1993; RICE-EVANS; BURDON, 1993). São eles:

Radicais do oxigênio ou espécies reativas do oxigênio: Íon superóxido (O₂⁻);

Hidroxila (OH[•]); Peróxido de hidrogênio (H₂O₂); Alcoxila (RO[•]); Peroxila (ROO[•]);

Peridoxila (HOO[•]); Oxigênio singlete (¹O₂).

Complexos de Metais de Transição: Fe⁺³/Fe⁺²; Cu⁺²/Cu⁺.

Radicais de Carbono: Triclorometil (CCl₃[•]).

Radicais de Enxofre: Tíol (RS[•]).

Radicais de Nitrogênio: Fenildiazina (C₆H₅N = N[•]); Óxido nítrico (NO[•]).

Houve pouca influência dos tratamentos nos valores de L^* , ao longo do experimento, tendo sido obtida uma redução significativa dos valores de a em todos os tratamentos ao final do experimento e nenhuma diferença significativa em relação aos valores de b (Figuras 21, 22 e 23).

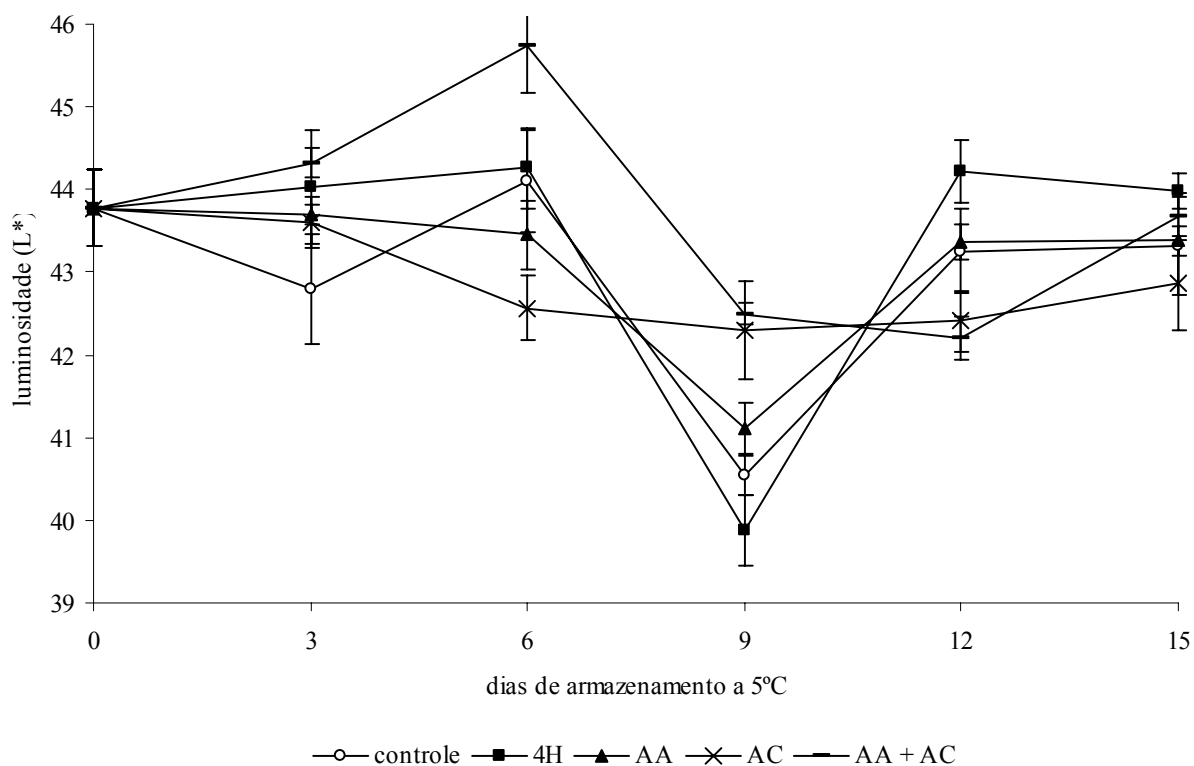


Figura 21 - Valores de Luminosidade (L^*) de lichia 'Bengal' submetida a antioxidantes e armazenada a 5°C e 90% UR. Controle (água destilada); 4H: solução de 4-hexylresorcinol (300 mg L^{-1}); AA: solução de ácido ascórbico (300 mg L^{-1}); AC: solução de ácido cítrico (300 mg L^{-1}); AA + AC: solução de ácido cítrico + ácido ascórbico (300 mg L^{-1}). Barras verticais representam o erro padrão da média ($n=4$)

Joas et al. (2005), também, observaram valores de L^* , a e b sem diferenças significativas com respeito ao controle, em lichias 'Kway Mi' tratadas com ácido cítrico e tartárico armazenadas a 10°C.

A mudança indesejável da coloração inicial do pericarpo da lichia, principalmente com o decréscimo dos valores iniciais de a (Figura 22), dá como resultado principal, a perda da coloração vermelha intensa do pericarpo, cuja conseqüência imediata é a perda de seu valor comercial ou uma forte redução do preço de comercialização destes frutos no varejo.

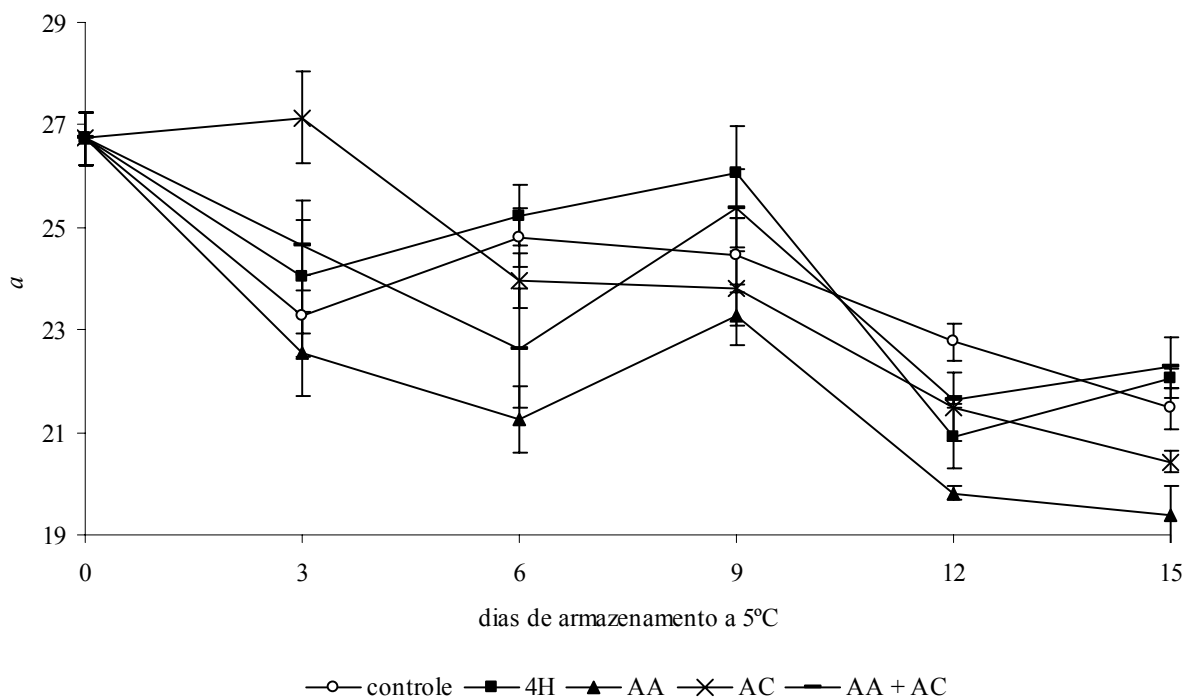


Figura 22 - Valores de a de lichia 'Bengal' submetida a antioxidantes e armazenada a 5°C e 90% UR. Controle (água destilada); 4H: solução de 4-hexylresorcinol (300 mg L⁻¹); AA: solução de ácido ascórbico (300 mg L⁻¹); AC: solução de ácido cítrico (300 mg L⁻¹); AA + AC: solução de ácido cítrico + ácido ascórbico (300 mg L⁻¹). Barras verticais representam o erro padrão da média ($n=4$)

A rápida perda da coloração vermelha, para uma tonalidade marrom, inclusive em algumas situações, é verificada em frutos ainda ligados à planta. Em frutos colhidos, este escurecimento pode ocorrer em poucas horas ou no máximo três dias após a colheita, se em temperatura variando de 20 a 25°C. A rápida perda de umidade pelo fruto, com o ressecamento do pericarpo, aparecimento de rachaduras e alterações na permeabilidade seletiva das membranas plasmática e do vacúolo (tonoplasto) pode ser a causa deste escurecimento. A ruptura destas membranas e o vazamento dos fenóis que irão reagir com as enzimas oxidativas (PPO), culminarão na formação de compostos escuros, que serão responsáveis pela coloração marrom percebida pelos olhos. Simultaneamente, em virtude, principalmente, da temperatura e umidade de armazenamento, ocorre a degradação ou complexação das antocianinas, responsáveis pela coloração vermelha destes frutos.

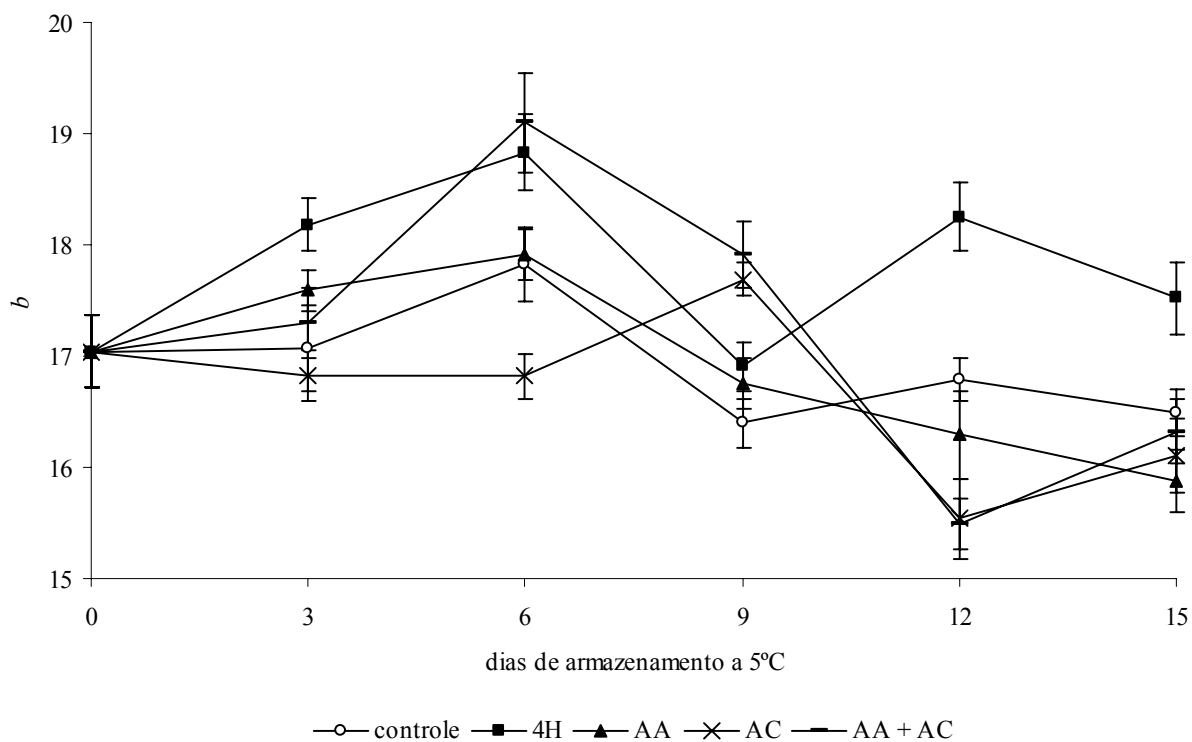


Figura 23 - Valores de b de lichia ‘Bengal’ submetida a antioxidantes e armazenada a 5°C e 90% UR. Controle (água destilada); 4H: solução de 4-hexylresorcinol (300 mg L⁻¹); AA: solução de ácido ascórbico (300 mg L⁻¹); AC: solução de ácido cítrico (300 mg L⁻¹); AA + AC: solução de ácido cítrico + ácido ascórbico (300 mg L⁻¹). Barras verticais representam o erro padrão da média ($n=4$)

A partir da análise sensorial de aparência dos frutos, submetidos aos diferentes antioxidantes, observou-se que com o transcorrer do tempo de armazenamento, a aparência foi afetada negativamente em alguns dos tratamentos, sendo o controle e o tratamento com ácido ascórbico, os únicos nos quais a aparência inicial dos frutos não foi alterada (Figura 24).

A atividade específica da enzima PAL, variou ao longo do armazenamento (Figura 25), sendo que esta atividade teve acréscimos nos primeiros seis dias de armazenamento, e uma ligeira queda nos últimos dias, em comparação aos valores iniciais de atividade específica (dia zero).

O tratamento controle apresentou o maior valor de atividade específica da enzima PAL ao 6º dia de experimentação, com 89,10 mmoles min⁻¹ mg⁻¹ proteína (Figura 25). Em contrapartida, o menor valor de atividade específica da enzima PAL, foi observado no tratamento 4-hexylresorcinol, no 3º dia de experimentação, com 68,13 mmoles min⁻¹ mg⁻¹ proteína.

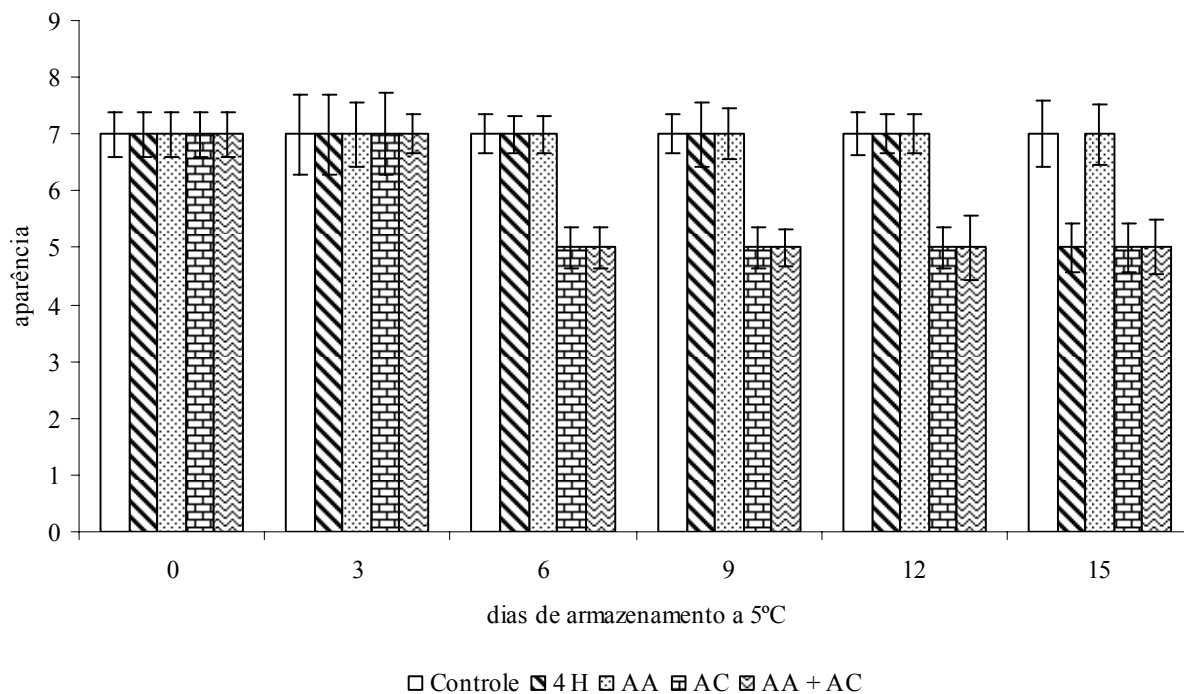


Figura 24 - Valores de aparência de lichia 'Bengal' submetida a antioxidantes e armazenada a 5°C e 90% UR. 9 = frutos com aspecto de frescor e ausência de escurecimento; 7 = frutos com aspecto de frescor, porém com leve escurecimento; 5 = frutos com pouco aspecto de frescor e moderado escurecimento; 3 = frutos sem aspecto de frescor, elevado escurecimento; 1 = frutos totalmente desidratados e escuros. A nota 5 foi considerada como limite de comercialização. Controle (água destilada); 4H: solução de 4-hexylresorcinol (300 mg L⁻¹); AA: solução de ácido ascórbico (300 mg L⁻¹); AC: solução de ácido cítrico (300 mg L⁻¹); AA + AC: solução de ácido cítrico + ácido ascórbico (300 mg L⁻¹). Barras verticais representam o erro padrão da média (n=15)

Os resultados obtidos podem ser explicados em função do pH das soluções dos tratamentos 2 ao 5, nos quais o pH manteve-se inferior a 5; este baixo pH pode ter influenciado na atividade da enzima PAL, uma vez que esta precisa de pH acima de 8 para manter inalteradas as suas estruturas primárias, secundárias, terciárias e quaternárias.

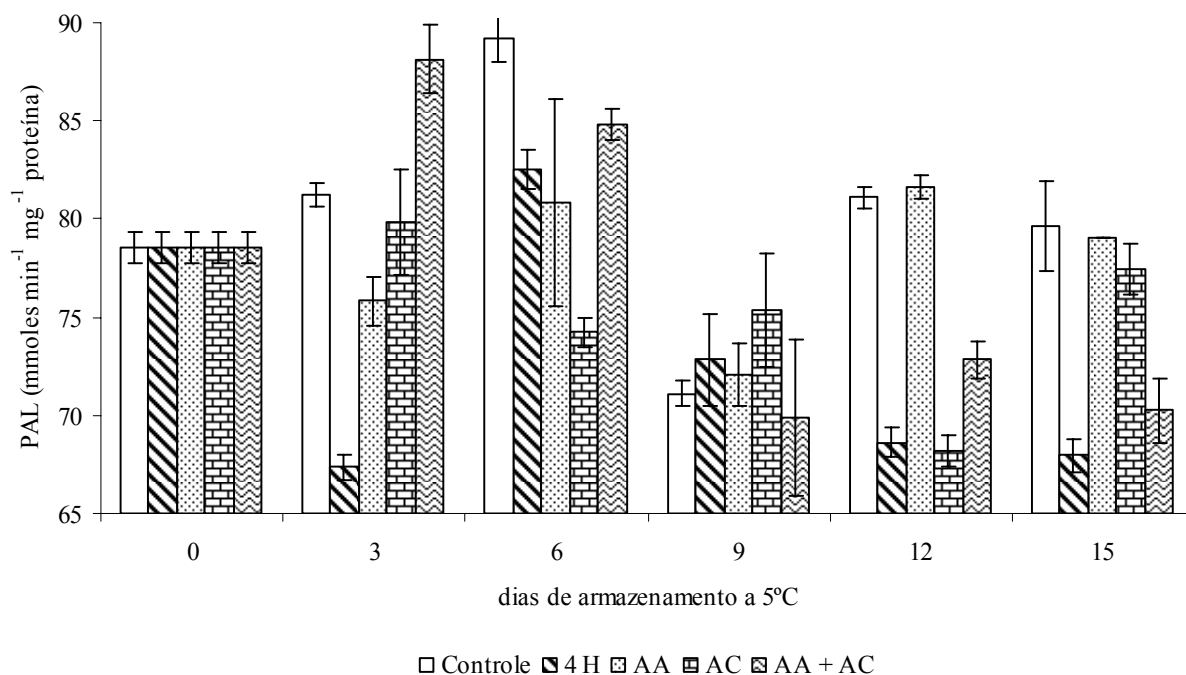


Figura 25 - Atividade específica da enzima fenilalanina amônia-liase (PAL) no pericarpo de lichia 'Bengal' submetida a antioxidantes e armazenada a 5°C e 90% UR. Controle (água destilada); 4H: solução de 4-hexylresorcinol (300 mg L⁻¹); AA: solução de ácido ascórbico (300 mg L⁻¹); AC: solução de ácido cítrico (300 mg L⁻¹); AA + AC: solução de ácido cítrico + ácido ascórbico (300 mg L⁻¹). Barras verticais representam o erro padrão da média (n=3)

A enzima POD apresentou um decréscimo na sua atividade específica até o 6º dia de armazenamento em todos os tratamentos, sendo que, a partir desse dia, a atividade específica da enzima começou a aumentar, obtendo ao final do experimento (15º dia), uma atividade específica média, 82% superior aos valores de atividade iniciais (dia zero) (Figura 26).

Um inicial acréscimo seguido de posterior decréscimo da atividade da POD foi obtido por Zheng e Tian (2006), em lichias 'Huaizhi' tratadas com ácido oxálico e armazenadas a 25°C e 80%UR por 6 dias. Entretanto, Zauberman et al. (1991) observaram, desde o início, incremento da atividade da POD, em lichias 'Mauritius' acondicionadas a temperatura ambiente (28°C) por 4 dias e tratadas com uma solução de ácido clorídrico (HCl), sendo a atividade nestes frutos superiores ao tratamento controle.

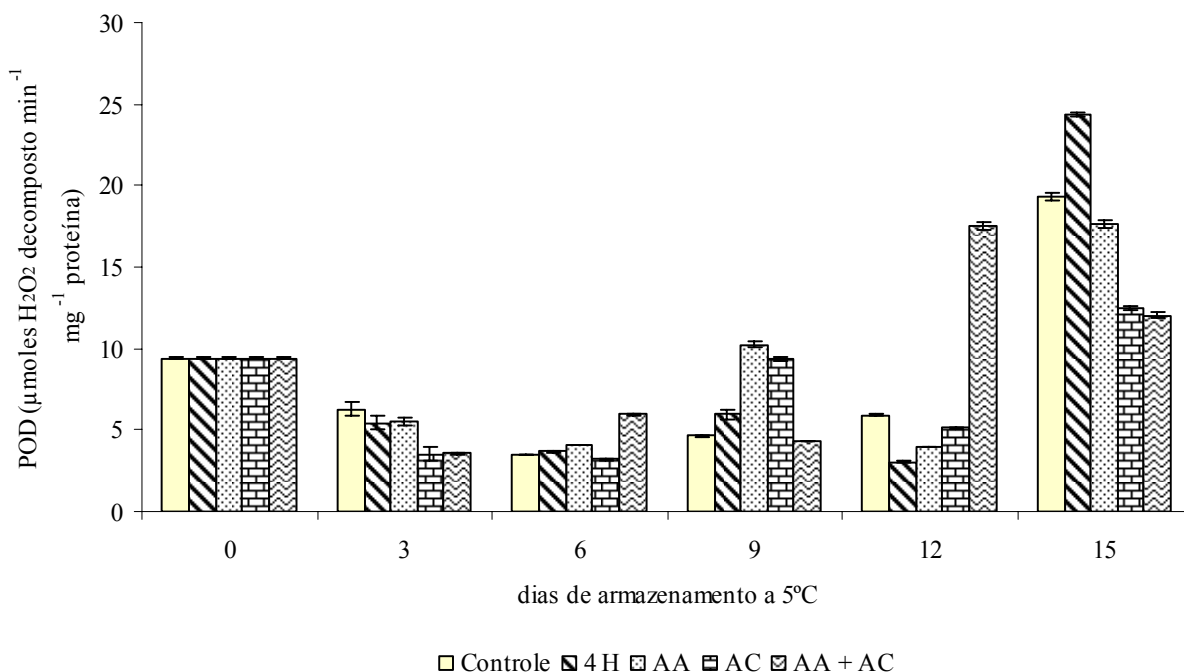


Figura 26 - Atividade específica da enzima peroxidase (POD) no pericarpo de lichia 'Bengal' submetida a antioxidantes e armazenada a 5°C e 90% UR. Controle (água destilada); 4H: solução de 4-hexylresorcinol (300 mg L⁻¹); AA: solução de ácido ascórbico (300 mg L⁻¹); AC: solução de ácido cítrico (300 mg L⁻¹); AA + AC: solução de ácido cítrico + ácido ascórbico (300 mg L⁻¹). Barras verticais representam o erro padrão da média ($n=3$)

As POD apresentam numerosas funções fisiológicas e, na forma de múltiplas isoenzimas aniônicas ou catiônicas, atuam sobre diferentes substratos, em reações, tais como: oxidação de fenólicos e carotenóides, degradação de auxinas, de clorofila e de ácido ascórbico, bem como na biossíntese da lignina. Portanto, a sua atividade relaciona-se com modificações nos atributos sensoriais (escurecimento, endurecimento, sabores estranhos) e no valor nutritivo (perda de atividade vitamínica do ácido ascórbico) dos produtos hortícolas (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

Em relação, à atividade específica da enzima PPO, esta apresentou um pico na sua atividade, em quase todos os tratamentos, com exceção do tratamento AA + AC, no 9º dia de experimentação, chegando até a triplicar a atividade apresentada ao início do experimento (dia zero) (Figura 27). Já, Zauberman et al. (1991) observaram que a atividade da PPO das lichias 'Maurituis' tratadas com HCl, apresentaram uma redução significativa da sua atividade em

relação ao tratamento controle ao longo de 4 dias de experimentação a temperatura ambiente (28°C).

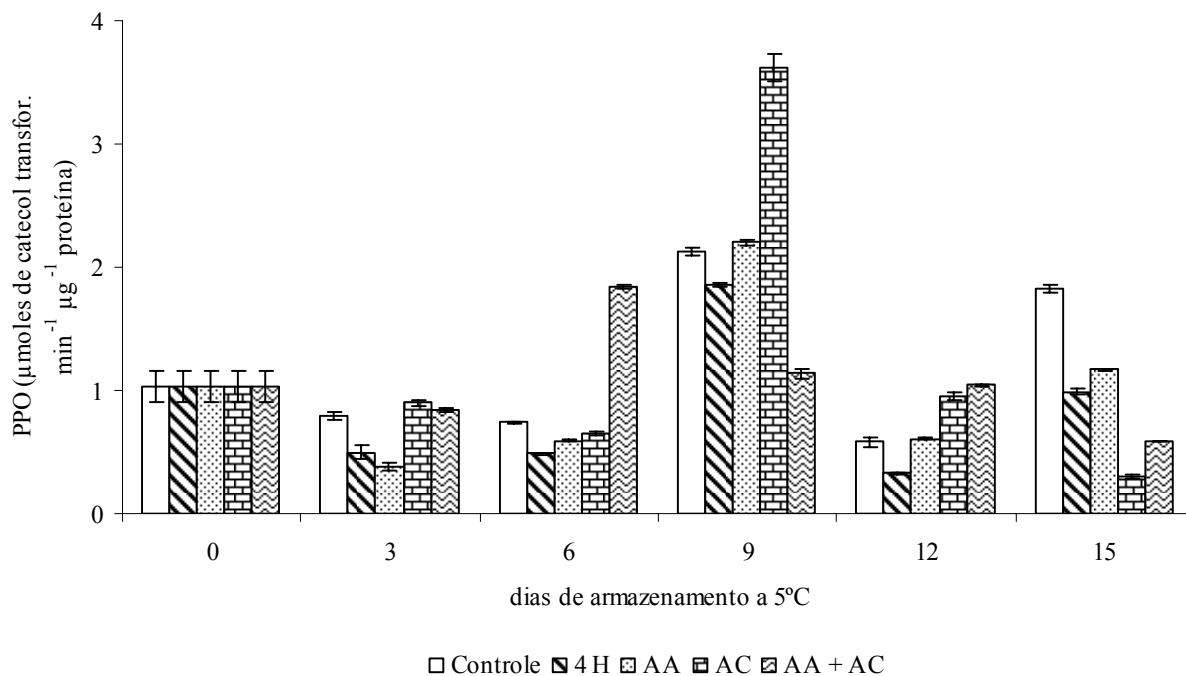


Figura 27- Atividade específica da enzima polifenoloxidase (PPO) no pericarpo de lichia ‘Bengal’ submetida a antioxidantes e armazenada a 5°C e 90% UR. Controle (água destilada); 4H: solução de 4-hexylresorcinol (300 mg L⁻¹); AA: solução de ácido ascórbico (300 mg L⁻¹); AC: solução de ácido cítrico (300 mg L⁻¹); AA + AC: solução de ácido cítrico + ácido ascórbico (300 mg L⁻¹). Barras verticais representam o erro padrão da média (*n*=3)

4.3 Conclusões

O tratamento com ácido cítrico reduz a taxa respiratória de lichia ‘Bengal’ durante o armazenamento a 5°C.

Nenhum dos antioxidantes testados foi eficiente para minimizar o escurecimento do pericarpo das lichias desta cultivar durante o armazenamento refrigerado.

Referências

- ARAUJO, A. **Escurecimento enzimático em alimentos**. Viçosa: Imprensa Universitária. 1995. 14p.
- ARTES, F.; CASTANER, M.; GIL, M.I. El pardeamiento enzimático en frutas y hortalizas minimamente procesadas. **Food Science Research International**, Canadá , v.6, n.4, p.377-389, 1998.
- BOBBIO, P.A.; BOBBIO, F.O. **Química do processamento de alimentos**. São Paulo: Varela. 2001. 143p.
- CALEGARIO, F.F. **Ativação de proteína mitocondrial desacopladora e oxidase alternativa em tubérculos de batata armazenados sob refrigeração**. 2001. 75p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2001.
- CARO, Y.; JOAS, J. Postharvest control of litchi pericarp browning (cv. Kwai Mi) by combined treatments of chitosan and organic acids II. Effect of the initial water content of pericarp. **Postharvest Biology and Technology**, Netherlands, v.38, p.137-144, 2005.
- CHEN, H.J.; HONG, Q.Z. A study on the senescence and browning in the pericarp of litchi (*Litchi chinensis* Sonn.) during storage. **Acta Horticulturae Sinica**, China, v.19, p.227-232, 1992.
- CHEN, Y.Z.; LI, P.; WANG, Y.R.; ZENG, L.P. The effect of chilling temperature on respiration, electrolyte leakage and cold-storage life in litchi fruits. **Acta Horticulturae Sinica**, China, v.14, p.169-173, 1987.
- CHITARRA, M.I.; CHITARRA, A.B. **Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio**. Lavras: ESAL/FAEPE, 2005. 535p.
- ERENEL, G.; ERBAS, D.; ARICIOGLU, A. Free radicals and antioxidante systems. **Materia Medica Polona**, Warsaw, v. 1, n. 85, p. 37-43, 1993.
- GONZÁLEZ-AGUILAR, G.A.; WANG, C.Y.; BUTA, J.G. Maintaining quality of fresh-cut mangoes using antibrowning agents and modified atmosphere packaging. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, London , v.48, n.9, p.4204-4208, 2000.
- HUANG, H.; XU, J. The developmental patterns of fruit tissues and their correlative relationships in *Litchi chinensis* Sonn. **Scientia Horticulturae**, Netherlands, v.19, n.3-4, p.335-342, 1983.

HUANG, X.M. **Lychee production in China**. In: PAPADEMETRIOU, M.K.; DENT, J.F. (Ed.). *Lychee Production in the Asia-Pacific Region*. Bangkok, Thailand: Food and Agricultural Organization of the United Nations, 2002. p.41-54.

HUANG, X.Y.; KANG, D.M.; JI, Z.L. The optimum storage temperature for litchi fruits and chilling injury to them. **Journal South China Agriculture University**, China, v.11, p.13-18, 1990.

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

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

KATO-NOGUCHI, H.; WATADA, A.E. Citric acid reduces the respiration of fresh-cut carrots. **HortScience**, Alexandria, v.32, n.1, p.136, 1997.

KAYSER, C. Litchi (*Litchi chinensis* Sonn.) pericarp colour retention. **Yearbook of the South African Litchi Growers Association**, South Africa, v.6, p.32-35, 1994.

KOBLITZ, M.G.B. **Bioquímica de Alimentos**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2008. 242p.

LAURILA, E.; KERVINEN, R.; AHVENAINEN, R. The inhibition of enzymatic browning in minimally processed vegetables and fruits. **Postharvest News and Information**, London, v.9, n.4, p.53-66, 1998.

LI, M.Q.; YAN, J.L. A study of polyphenol oxidase in litchi pericarp. **Acta Botanica Sinica**, China, v.11, p.329-336, 1963.

LIN, Z.F.; LI, S.S.; ZHANG, D.L.; LIU, S.X.; LI, Y.B.; LI, G.Z.; CHEN, M.D. The changes of oxidation and peroxidation in postharvest litchi fruit. **Acta Botanica Sinica**, China, v.30, p.383-387, 1988.

MAYER, A.M. Polyphenol oxidase in plant (review). **Phytochemistry**, London, v.16, p.11-20, 1987.

MAYER, A.M. Polyphenol oxidases in plants and fungi: Going places? A review. **Phytochemistry**, London, v.67, p.2318-2331, 2006.

- McEVILY, A.J.; IYENGAR, R.; OTWELL, W.S. Sulfite alternative prevents shrimp melanosis. **Food Technology**, New York, v.9, p.80-86, 1991.
- McEVILY, A.J.; IYENGAR, R.; OTWELL, W.S. Inhibition of enzymatic browning in foods and beverages. **Food Science Nutritional**, New York, v.32, p.253-273, 1992.
- MENZEL, C.M.; WAITE, G.K. **Litchi and Longan: Botany, Production and Uses**. UK: CABI Publishing, 2005. 305p.
- MOSKOWIZ, A.H.; HRADZINA, G. Vacular contents of fruit subepidermal cells from *Vitis* sp. **Plant Physiology**, New York, v.68, p.686-692, 1981.
- PAULL, R.E.; CHEN, N.J. Effect of storage temperature and wrapping on quality characteristics of litchi fruit. **Scientia Horticulturae, Netherlands**, v.33, n.3-4, p.223-236, 1987.
- PAULL, R.E.; CHEN, N.J.; DEPUTY, J.; HUANG, H.; CHENG, G.; GAO, F. Litchi growth and compositional changes during fruit development. **Journal American Society Horticulturae**, Alexandria, v.109, p.817-821, 1984.
- PENG, Y.H.; CHENG, W. Effect of postharvest handling on fruit quality, mass loss and respiration rate of litchi. **Acta Horticulturae, Netherlands**, v.558, p.359-365, 2001.
- PESIS, E.; DVIR, O.; FEYGENBERG, O.; ARIE, R.B.; ACKERMAN, M.; LICHTER, A. Production of acetaldehyde and ethanol during maturation and modified atmosphere storage of litchi fruit. **Postharvest Biology and Technology, Netherlands**, v.26, p.157-165, 2002.
- RICE-EVANS, C.; BURDON, R. Free radical-lipid interactions and their pathological consequences. **Progress in Lipid Research**, Oxford, v.32, n.1, p.71-110, 1993.
- ROLLE, R.S.; CHISM, G.W. Physiological consequences of minimally processed fruits and vegetables. **Journal of Food Quality**, Malden, v.10, n.3, p.157-167, 1987.
- SAS INSTITUTE, INC. **The SAS System for Windows** – Release 8,02. Cary, NC, 1998.
- SILVA, J.M.; SPOTO, M.H.F.; ONGARELLI, M.G.; SASAKI, F.F.; SAAVEDRA-DEL AGUILA, J.; KLUGE, R.A. Uso do antioxidante 4-hexylresorcinol em abacaxi minimamente processado. **Revista Iberoamericana de Tecnologia Postcosecha**, Hermosillo, v.8, p.101-107, 2007.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. Porto Alegre: Artmed, 2009. 848p.

TERDBARAMEE, U.; RATANAKHANOKCHAI, K.; KANLAYANARAT, S. Effect of Citric Acid on the Control of Postharvest Browning of Lychee Fruit under Cold Storage. **Acta Horticulturae**, [Netherlands](#), v.628, p.527-532, 2003.

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

WILEY, R.C. **Minimally processed refrigerated fruits and vegetables**. New York: Chapman & Hall, 1994. 368p.

ZAUBERMAN, G.; RONEN, R.; AKERMAN, M.; WEKSLER, A.; ROT, I.; FUCHS, Y. Post-harvest retention of the red colour of litchi fruit pericarp. **Scientia Horticulturae**, [Netherlands](#), v.47, p.89-97, 1991.

ZHENG, X.; TIAN, S. Effect of oxalic acid on control of postharvest browning of litchi fruit. **Food Chemistry**, London, v.96, p.519-523, 2006.

5 EFEITO DO CLORETO DE CÁLCIO SOBRE A QUALIDADE DE LICHIAS REFRIGERADAS

Resumo

Este experimento visou estudar o efeito de diferentes concentrações de cloreto de cálcio (CaCl_2) sobre lichias ‘Bengal’ frigoconservadas. Foram testadas imersões por 20 minutos em água destilada (controle) e em quatro diferentes concentrações de CaCl_2 (1, 2, 3 e 4%). Após os tratamentos, os frutos foram acondicionados em bandejas de poliestireno expandido recobertos com filme de policloreto de vinila (PVC) de $14\mu\text{m}$ de espessura e avaliados a cada 3 dias, por um período de 15 dias de armazenamento a 5°C e 90% UR. O delineamento experimental foi inteiramente ao acaso, em esquema fatorial 5×6 (concentrações x tempo). Foram determinados: taxa respiratória, produção de etileno, perda de massa fresca, sólidos solúveis totais, pH, acidez titulável, “ratio”, teor de ácido ascórbico, coloração (L^* , a e b), análise sensorial (aparência), atividades específicas das enzimas fenilalanina amônia-liase, peroxidase e polifenoloxidase. Os tratamentos que continham cálcio apresentaram uma redução da respiração. Nenhuma das concentrações de CaCl_2 evitou a perda de qualidade das lichias ao longo do armazenamento refrigerado e, ainda, ao contrário, a concentração de 4% CaCl_2 proporcionou uma mais rápida deterioração da aparência destes frutos.

Palavras-chave: *Litchi chinensis* Sonn.; Mensageiro secundário; Membrana plasmática; Parede celular

EFFECT OF THE CHLORIDE OF CALCIUM ON THE QUALITY OF REFRIGERATED LYCHEES

Abstract

This project studied the effects of different concentrations of chloride of calcium (CaCl_2) on lychees 'Bengal' cold stored. For 20 minutes immersions in distilled water (control) and in four different concentrations of CaCl_2 (1, 2, 3 and 4%) were tested. After the treatments, the fruits were placed in expanded polystyrene trays wrapped in 14 μm thick polyvinyl chloride (PVC) film and evaluated every 3 days, and stored for 15 days at 5°C and 90% RH. Completely randomized experimental design, in factorial 5 x 6 (concentrations x time) were used. Respiratory rate, ethylene production, weight loss, soluble solids, pH, titratable acidity, ratio, ascorbic acid content, color (L^* , a and b), sensorial analysis (appearance), specific activity of phenylalanine ammonia-lyase, peroxidase and polyphenol oxidase enzymes were studied. The treatments that contained calcium presented a reduction of the respiration. None of the concentrations of CaCl_2 avoided the loss of lychees quality during the refrigerated storage and, still, to the opposite, the concentration of 4% CaCl_2 provided a faster deterioration of the appearance of these fruits.

Keywords: *Litchi chinensis* Sonn.; Secondary messenger; Plasmatic membrane; Cellular wall

5.1 Introdução

A lichia (*Litchi chinensis* Sonn.) pertence à família de Sapindaceae é nativa das áreas subtropicais do sul da China, onde as árvores de lichia são cultivadas a mais de 3000 anos e o fruto ocupa um lugar importante na cultura chinesa, inspirando ditos, como: “Uma vez que a lichia é destacada da árvore, a perda de cor acontece no primeiro dia, a perda de fragrância no segundo, o sabor perde-se no terceiro e tudo junto em quatro a cinco dias”. O fruto era considerado oferecimento imperial e presente de grande honra. Algumas das primeiras literaturas chinesas descrevem a perecibilidade do fruto e tentavam sugerir alguns métodos para prolongar a vida de pós-colheita dos mesmos (CHEN et al., 2001; MENZEL; WAITE, 2005).

A produção mundial de lichia está centrada no Hemisfério Norte, com áreas crescentes na China, Tailândia, Taiwan, Índia, EUA e Israel. Já, a produção fora de estação é encontrada no Hemisfério Sul, em países como África do Sul, Austrália, Madagascar e Brasil.

A lichia apresenta um pericarpo áspero avermelhado de 1-3 mm de largura e um arilo translúcido que cerca uma semente marrom e lisa. A superfície do pericarpo é recoberta por numerosas protuberâncias, resultando em uma textura áspera e pontiaguda. O arilo, além de fragrante, tem uma textura suculenta, semelhante a da uva.

A cor do pericarpo deve-se a presença do pigmento antocianina e esta cor vermelha é uma das principais características comerciais utilizadas para determinar a qualidade da lichia. A retenção da cor do fruto fresco, vermelho, ao longo da cadeia de pós-colheita foi e é um dos focos principais da pesquisa nesta área. O escurecimento do pericarpo do fruto, seja por causas enzimáticas ou físicas (devido à perda de umidade), é a principal limitação à retenção da cor, deteriorando, rapidamente, a aparência das lichias após a colheita. Embora este escurecimento possa não afetar a qualidade sensorial interna do fruto, reduz grandemente o seu valor comercial nos mercados ocidentais.

Os íons cálcio (Ca^{2+}) são utilizados na síntese de novas paredes celulares e na estabilização da mesma, na provisão de um “pool” de cálcio (Ca) externo disponível para os requerimentos intracelulares, assim como na modificação do ambiente iônico da interface da membrana plasmática com a parede celular, em particular a lamela média, que separa células recentemente divididas. O Ca, também, é utilizado no fuso mitótico durante a divisão celular, sendo requerido para o funcionamento normal das membranas vegetais, por meio de sua ação nos fosfolipídeos, na disposição das proteínas na superfície externa e na proteção contra a degradação

lipídica, tendo lhe sido atribuído o papel de mensageiro secundário em várias respostas das plantas, tanto a sinais ambientais quanto a hormonais (WHITE; BROADLEY, 2003).

Em sua função como mensageiro secundário, o cálcio pode ligar-se à calmodulina, uma proteína encontrada no citossol de células vegetais. O complexo calmodulina-cálcio, então, liga-se a diferentes tipos de proteínas, incluindo quinases, fosfatases, proteínas mensageiras secundárias de sinalização e proteínas de citoesqueleto, regulando, portanto, muitos processos celulares, desde controle de transcrição e sobrevivência celular até a liberação de sinais químicos (TAIZ; ZEIGER, 2009).

Visando a manutenção da integridade celular, manter a qualidade e aumentar o tempo de conservação de lichias ‘Bengal’ foi avaliado a qualidade dos frutos submetidos a diferentes concentrações de cloreto de cálcio e armazenamento refrigerado.

5.2 Desenvolvimento

5.2.1 Revisão Bibliográfica

O cálcio cumpre um papel muito importante na divisão e desenvolvimento celular das plantas, especialmente em raízes, folhas e fruto (MARSCHNER, 1995). A maioria das funções do Ca como um componente estrutural das macromoléculas está relacionado a sua capacidade para prover ligações intermoleculares estáveis e reversíveis, predominantemente na parede celular e na membrana plasmática (HEPLER; WAYNE, 1985). O anteriormente citado, traz consequências diretas na pós-colheita de frutos, especificamente na qualidade destes, em pelo menos três pontos importantes.

O primeiro é o papel significativo do Ca no controle do amolecimento do fruto e consequentemente, na extensão da sua vida de prateleira (FERGUSON, 1984; POOVAIAH; GLENN; REDDY, 1988). O cálcio desempenha um importante papel nas paredes celulares, ligando as cadeias de ácido poliurônico da lamela média, provendo estabilidade e força mecânica à mesma (DEMARTY; MORVAN; THELLIER, 1984; BURNS; PRESSEY, 1987). Esta ligação não só facilita o empacotamento do polímero péctico na lamela média, mas restringe o acesso de exo-enzimas hidrolíticas que contribuiriam provavelmente ao desarranjo das paredes celulares (GLENN; POOVAIAH, 1990). Assim, o Ca retarda o desarranjo da parede celular, o que, normalmente, é considerado um atraso no amolecimento do fruto (POOVAIAH; GLENN;

REDDY, 1988). Porém, embora o Ca tenha sua importância na manutenção da estrutura da parede celular, a função precisa do Ca no metabolismo de parede celular ainda não está bem compreendida.

O segundo ponto importante que relaciona o Ca à qualidade do fruto é o seu papel no desenvolvimento de muitas desordens fisiológicas em uma variedade de vegetais (SHEAR, 1975). Estas desordens apresentam uma gama de sintomas, incluindo desordens que escurecem o tecido (SIMON, 1978), sendo, frequentemente, um resultado da desestruturação da membrana celular e da parede que causam o colapso de tecido (BANGERTH, 1979; BATTEY, 1990). O Ca é um componente integrante das membranas da célula, sendo necessário para a ligação das moléculas de fosfolipídios. Estes fosfolipídios, por sua vez, influenciam a permeabilidade seletiva da membrana da célula (FERGUSON; DROBAK, 1988). Acredita-se que concentrações reduzidas de Ca nos tecidos causam desestabilização da membrana e, conseqüentemente, um desarranjo da permeabilidade altamente seletiva da membrana celular (BATTEY, 1990). Em tecidos com deficiência de Cálcio, são observados vazamentos de íons (SIMON, 1978), e há indícios de que o Ca altera as propriedades da membrana (FERGUSON, 1984).

O terceiro ponto no qual o Ca afeta a qualidade do fruto é o seu envolvimento na resistência do fruto às podridões. Acréscimos nas concentrações de Ca no fruto obtidas por aplicações de Ca na pré ou pós-colheita estão correlacionadas com reduções na severidade das podridões em várias culturas, como maçã (EDNEY, 1976; CONWAY, 1982; CONWAY; SAMS, 1983; FALLAHI et al., 1997), pera (SUGAR; POWERS; HILTON, 1991), e pêssego (CONWAY; GREENE; HICKEY, 1987). O efeito do aumento do Ca no fruto e posterior redução das podridões têm um amplo espectro. Por exemplo, em maçã, diminui a quantidade de podridões causadas por vários patógenos pós-colheita como *Penicillium expansum*, *Botrytis cinerea*, e *Glomerella cingulata* (CONWAY et al., 1991). Tratamentos pré e pós-colheita com Ca em maçã com posterior inoculação de *C. gloeosporioides* ou *C. acutatum*, também resultaram em reduções da severidade das podridões nos tratamentos que continham Ca (BIGGS, 1999).

Em resumo, a manutenção da integridade da membrana plasmática é fundamental para prolongar a vida de prateleira do fruto, sendo que o Ca participa de maneira efetiva na preservação da integridade e funcionalidade das membranas celulares e na manutenção da consistência firme dos frutos, devido a sua função de ligação às pectinas ácidas da parede celular e da lamela média. É um componente integrante das membranas celulares, mantendo ligadas as

moléculas de fosfolipídios nessas membranas e reagindo, também, com o grupo carboxílico das proteínas da membrana e, conseqüentemente, determinando o tamanho dos seus poros e influenciando a sua permeabilidade, com o que previnem o vazamento de solutos do citossol para o espaço extracelular. Essa ação do Ca confere aos vegetais uma textura mais firme e maior resistência (HANSON, 1984; PICCHIONI et al., 1995).

São utilizados diferentes compostos e/ou formulações comerciais de Ca, sendo o cloreto de cálcio (CaCl_2) o mais usual, aplicado em solução com concentrações entre 0,5% e 4%, dependendo do produto hortícola, sendo conveniente testar-se a concentração, para se evitar sintomas de danos na epiderme (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

5.2.2 Material e Métodos

O experimento foi desenvolvido no Laboratório de Fisiologia e Bioquímica Pós-Colheita do Departamento de Ciências Biológicas da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (ESALQ/USP), no município de Piracicaba-SP.

Lichias ‘Bengal’ foram adquiridas de um produtor da região de Limeira-SP, localizada a 22° 33’54” de latitude Sul, 47° 24’09” de longitude Oeste e 588 m de altitude. Imediatamente, após a colheita, os frutos foram transportados até o Laboratório, onde foram selecionados quanto à firmeza, ausência de danos mecânicos e podridões visíveis. Posteriormente, foram armazenados a 10°C por um período de 4 horas. Após este período aplicaram-se os seguintes tratamentos (imersão por 20 minutos): T1 = Imersão em água destilada (controle); T2 = Imersão em solução de CaCl_2 (1%); T3 = Imersão em solução de CaCl_2 (2%); T4 = Imersão em solução de CaCl_2 (3%) e T5 = Imersão em solução de CaCl_2 (4%). Após escorrido o excesso dos tratamentos, os frutos foram acondicionados em bandejas de poliestireno expandido e recobertos com filme de policloreto de vinila (PVC) de 14 μm de espessura e armazenados a 5°C ($\pm 1^\circ\text{C}$) e 90% ($\pm 5\%$) UR durante 15 dias, sendo avaliados a cada 3 dias.

O delineamento experimental foi inteiramente ao acaso, com esquema fatorial de 5 x 6 (tratamentos x tempo). Foram utilizadas seis repetições por tratamento nas determinações de taxa respiratória e produção de etileno; quatro repetições por tratamento nas análises físico-químicas, sendo cada uma composta por 150g de frutos e três repetições por tratamento para as análises enzimáticas.

As seguintes determinações foram realizadas: taxa respiratória, produção de etileno, perda de massa fresca (%), teor de sólidos solúveis totais (SST), pH, acidez titulável (AT), “ratio” (SST/AT), teor de ácido ascórbico (vitamina C), coloração (L^* , a e b), avaliação sensorial (aparência), atividades específicas das enzimas fenilalanina amônia-liase (PAL), peroxidase (POD), polifenoloxidase (PPO) e proteínas solúveis (Capítulo 2, item 2.2.2).

Os resultados obtidos foram analisados pelo programa SAS Institute (1998), onde foram submetidos à análise de variância (teste F) e teste de comparação de médias pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

5.2.3 Resultados e Discussão

O tratamento controle apresentou a maior taxa respiratória ao longo do experimento, seguido dos tratamentos 1%, 2%, 3% e 4% CaCl_2 (Figura 28).

Desta mesma forma, também, Faust e Shear (1972) obtiveram relação negativa entre conteúdo de cálcio nos tecidos de alguns frutos e sua respiração, determinando que a presença desse elemento nas membranas reduz sua permeabilidade, diminuindo, assim, a taxa respiratória. Os resultados observados no presente trabalho são similares, também, aos obtidos por Zambrano e Manzano (1995), que em pesquisa com manga ‘Haden’ avaliaram a influência do cálcio sobre a maturação destes frutos e observaram taxas respiratórias inferiores ao controle nos tratamentos que continham cálcio, e esta redução era proporcional ao teor de cálcio aplicado.

Conhece-se que uma concentração elevada de cálcio no citoplasma seria incompatível com o funcionamento normal da célula, por interferir nas funções do magnésio (Mg^{2+}) e por diminuir a atividade dos íons fosfato, com efeito inibitório sobre as enzimas da glicólise e do metabolismo intermediário, como consequência disto, a aplicação exógena de cálcio resulta em frutos com menor taxa respiratória (CHITARRA; CHITARRA, 2005). Isso foi verificado no presente experimento, onde as taxas respiratórias das lichias decresceram em função da concentração de cálcio utilizada nos tratamentos (Figura 28).

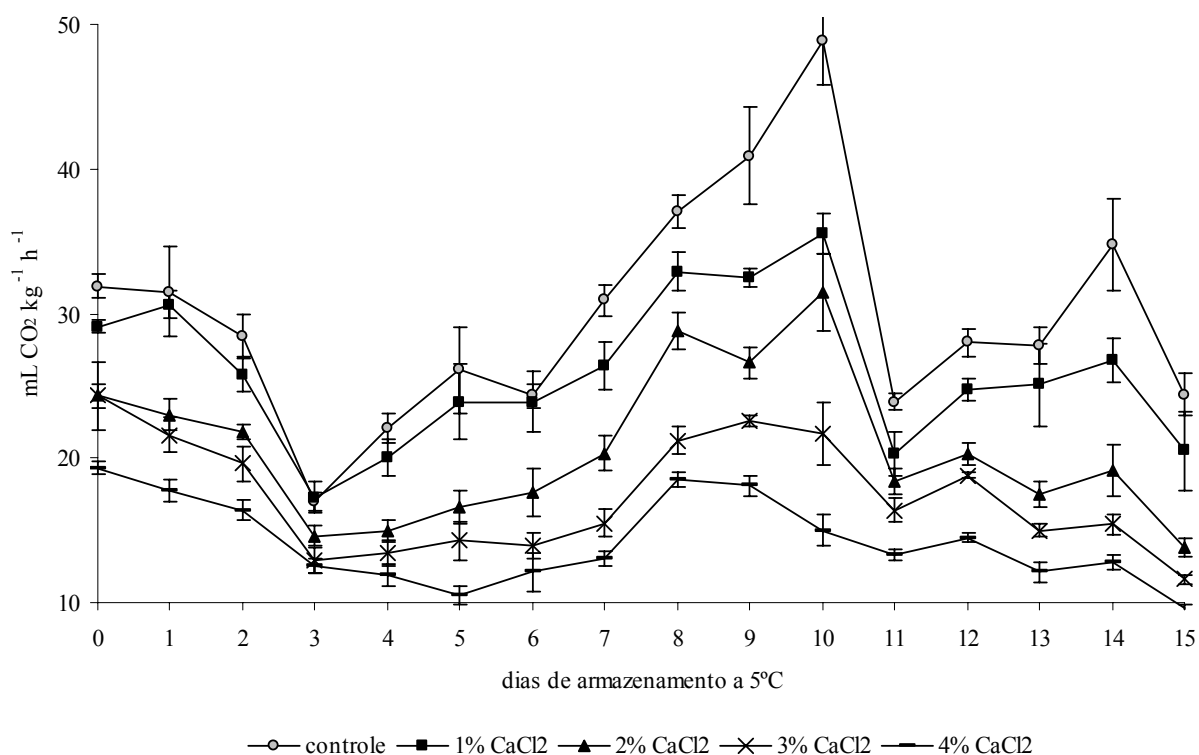


Figura 28 - Taxa respiratória (mL CO₂ kg⁻¹ h⁻¹) de lichia 'Bengal' submetida a diferentes concentrações de CaCl₂ e armazenada a 5°C e 90% UR. Barras verticais representam o erro padrão da média (n=6)

Outra explicação para o decréscimo da respiração devido ao cálcio é o da estimulação da síntese de proteínas, uma vez que a habilidade do fruto em sintetizar proteínas e ácidos nucleicos é reduzida de 30 a 70% quando o cálcio está em deficiência (BATTEY, 1990).

Foi detectada produção de etileno em todos os tratamentos ao longo do armazenamento refrigerado. Até o 9º dia, o tratamento controle apresentou uma produção de etileno, em média, superior aos demais tratamentos. Após esse período, os tratamentos comportaram-se de maneira semelhante (Figura 29).

Este comportamento inicial, de uma menor produção de etileno em relação ao controle, de todos os tratamentos que receberam CaCl₂, já, foi confirmada pelos pesquisadores Chitarra e Chitarra (2005), os quais assinalam que a aplicação exógena de cálcio resulta em frutos com menor produção de etileno.

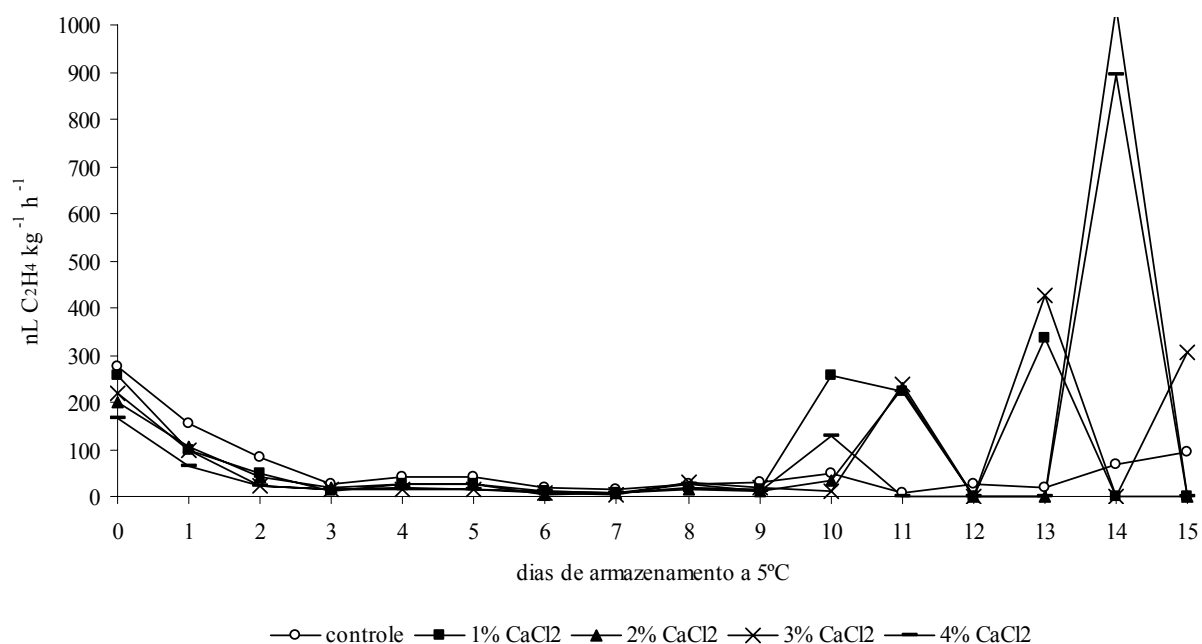


Figura 29 - Produção de etileno ($\text{nL C}_2\text{H}_4 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$) de lichia 'Bengal' submetida a diferentes concentrações de CaCl_2 e armazenada a 5°C e 90% UR. Barras verticais representam o erro padrão da média ($n=6$)

Houve poucas diferenças quanto à perda de massa fresca entre os tratamentos ao longo do experimento (Tabela 18), tendo sido verificadas perdas menores de 1%.

Tabela 18 - Perda de massa fresca (%) de lichia 'Bengal' submetida a diferentes concentrações de CaCl_2 e armazenada a 5°C e 90% UR

Trat.	Dias de armazenamento						CV (%)
	0	3	6	9	12	15	
Controle	0,0 a C*	0,27 a BC	0,41 a BC	0,50 a B	0,59 a AB	0,96 a A	14,31
1% CaCl_2	0,0 a B	0,30 a A	0,35 b A	0,27 a A	0,51 a A	0,48 ab A	15,09
2% CaCl_2	0,0 a C	0,27 a B	0,35 b AB	0,53 a A	0,55 a A	0,47 b AB	10,24
3% CaCl_2	0,0 a D	0,27 a C	0,38 ab BC	0,41 a B	0,57 a A	0,41 b BC	18,26
4% CaCl_2	0,0 a B	0,21 a AB	0,27 c A	0,34 a A	0,41 a A	0,40 b A	13,58
CV (%)	-	13,5	7,91	11,32	14,99	10,32	

*Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

O teor de SST não apresentou diferenças significativas entre os tratamentos com Ca ao longo do experimento (Tabela 19). No decorrer do armazenamento, o teor de SST teve uma gradativa diminuição, sendo que, no 15º dia de armazenamento, foi menor em aproximadamente 2ºBrix em relação à análise inicial. Os principais componentes de sólidos solúveis totais são os açúcares e estes por sua vez são os principais substratos da respiração do vegetal, o que pode justificar esta pequena redução final. Valores inferiores de SST foram observados por Pesis et al. (2002) em lichias ‘Mauritius’.

Tabela 19 - Sólidos solúveis totais (ºBrix) de lichia ‘Bengal’ submetida a diferentes concentrações de CaCl₂ e armazenada a 5°C e 90% UR

Trat.	Dias de armazenamento					
	0	3	6	9	12	15
Controle	20,4*	19,4	19,2	19,3	19,5	18,8
1% CaCl ₂	20,4	18,2	18,4	18,4	18,3	18,3
2% CaCl ₂	20,4	18,6	18,6	18,3	18,6	18,4
3% CaCl ₂	20,4	18,9	18,5	18,7	18,5	18,8
4% CaCl ₂	20,4	18,8	18,4	18,1	18,5	18,5

*Teste F não significativo.

Houve pouca variação nos valores de pH ao longo do armazenamento, tendo os valores ficado entre 4,3 e 4,7 (Tabela 20). Acréscimos do pH da polpa de lichias ‘Groff’ foram obtidos por Paull et al. (1984).

De maneira geral, houve redução no teor de acidez ao longo do período de armazenamento em todos os tratamentos, em relação à caracterização (tempo zero). Entre os tratamentos não houve diferenças significativas para esta variável (Tabela 20).

Os ácidos são encontrados nos vacúolos das células, na forma livre e/ou combinados com sais, ésteres e glicosídeos, como importantes fontes de energia para os frutos; por conseguinte, é de se esperar que seu conteúdo diminua (KOBBLITZ, 2008).

Os valores de “ratio” obtidos neste experimento estão acima da faixa requerida para os países exportadores de lichia ao Japão, sendo exigido dos frutos importados um valor mínimo de

“ratio” igual a 40 (Tabela 20). Resultados similares de acidez e “ratio” foram também observados por Pesis et al. (2002) com lichias ‘Mauritius’.

Tabela 20 - Valores de pH, acidez total (% ácido málico) e “ratio” (SST/AT) de lichia ‘Bengal’ submetida a diferentes concentrações de CaCl₂ e armazenada a 5°C e 90% UR

Tratamentos	Dias de armazenamento					
	0	3	6	9	12	15
..... pH						
Controle	4,3*	4,5	4,5	4,4	4,6	4,7
1% CaCl ₂	4,3	4,5	4,6	4,7	4,7	4,6
2% CaCl ₂	4,3	4,4	4,5	4,6	4,4	4,7
3% CaCl ₂	4,3	4,3	4,5	4,5	4,7	4,5
4% CaCl ₂	4,3	4,4	4,3	4,7	4,5	4,5
..... % ácido málico						
Controle	0,43	0,28	0,29	0,32	0,26	0,22
1% CaCl ₂	0,43	0,26	0,24	0,24	0,23	0,23
2% CaCl ₂	0,43	0,30	0,28	0,26	0,33	0,21
3% CaCl ₂	0,43	0,31	0,30	0,29	0,23	0,26
4% CaCl ₂	0,43	0,31	0,38	0,23	0,30	0,26
..... SST/AT						
Controle	48,5	70,4	70,1	60,9	74,6	95,6
1% CaCl ₂	48,5	70,3	75,7	77,5	81,5	84,9
2% CaCl ₂	48,5	64,4	66,9	71,7	57,4	92,4
3% CaCl ₂	48,5	61,4	61,2	66,5	80,9	73,6
4% CaCl ₂	48,5	60,2	50,9	80,3	66,8	74,6

*Teste F não significativo.

Foram verificadas perdas no conteúdo de ácido ascórbico em comparação ao valor inicial. Inicialmente, os frutos continham 34,65 mg de ácido ascórbico 100g⁻¹, enquanto que no décimo

quinto dia de armazenamento os valores observados foram 22,05; 16,28; 25,45; 21,55 e 19,83 mg 100g⁻¹ nos tratamentos controle, 1%, 2%, 3% e 4% CaCl₂, respectivamente (Tabela 21). Assim sendo, pode-se inferir que o uso de cloreto de cálcio nas concentrações testadas não evita a perda do teor de ácido ascórbico em lichia.

A vitamina C existe na natureza sob duas formas: reduzida (ácido ascórbico) e oxidada (ácido deidroascórbico), ambas com atividade vitamínica. A vitamina C é hidrossolúvel e o ácido ascórbico é produzido em organismos de plantas e animais a partir da glucose, com exceção das cobaias e dos primatas, incluindo a espécie humana. Apenas para estas espécies, o ácido ascórbico é considerado vitamina. Quimicamente, o ácido ascórbico é a lactona do ácido derivado de um monossacarídeo e, portanto, pertence à classe dos carboidratos e tem fórmula empírica C₆H₈O₆ (SIQUEIRA; OETTERER; REGITANO-D'ARCE, 1997).

Tabela 21 - Teor de ácido ascórbico (mg 100g⁻¹) de lichia 'Bengal' submetida a diferentes concentrações de CaCl₂ e armazenada a 5°C e 90% UR

Trat.	Dias de armazenamento						CV (%)
	0	3	6	9	12	15	
Controle	34,65a A*	32,97 ab A	27,93 abc A	26,80 abc AB	25,73 bc A	22,05 c AB	5,48
1% CaCl ₂	34,65 a A	29,58 ab A	25,10 bc AB	21,30 cd BC	25,10 bc A	16,28 d C	7,21
2% CaCl ₂	34,65 a A	30,15 ab A	26,65 b A	27,00 ab A	24,20 b A	25,45 b A	8,12
3% CaCl ₂	34,65 a A	32,10 ab A	23,28 c AB	24,20 bc ABC	24,68 bc A	21,55 c ABC	7,29
4% CaCl ₂	34,65 a A	29,23 ab A	19,75 c B	20,50 c C	25,78 bc A	19,83 c BC	9,66
CV (%)	5,65	6,18	5,23	9,35	5,99	14,21	

*Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Os ácidos constituem substratos para a respiração, além dos açúcares, enquanto que o ácido ascórbico participa de reações antioxidativas que se processam durante a maturação e após a colheita do fruto. Possivelmente, devido ao estresse da colheita, ocorra no fruto uma maior atividade metabólica, principalmente uma maior taxa respiratória, havendo consumo de ácidos nesse processo. Além disso, a utilização de ácido ascórbico em reações regenerativas, principalmente, próximas às membranas celulares, na intenção de manter a permeabilidade

seletiva das membranas celulares e, por consequência, adiar a inevitável morte celular programada, pode causar um decréscimo nos teores de ácido ascórbico, como os obtidos neste experimento.

Os valores de luminosidade (L^*) decresceram durante o armazenamento, significando que houve escurecimento enzimático do pericarpo dos frutos (Figura 30). Também, os valores de a e b , distintos dos iniciais em todos os tratamentos demonstram que houve mudanças de coloração, uma vez que menores valores de a significam menor intensidade da cor vermelha, resultado indesejável para a comercialização de lichias (Figura 30).

A partir da análise sensorial de aparência dos frutos, observou-se que com o transcorrer do tempo de armazenamento, a aparência foi afetada negativamente. O tratamento com 4% CaCl_2 mostrou-se o mais prejudicial, ao apresentar valores sensoriais de aparência impróprios para comercialização (notas abaixo de 5), já a partir do dia 3º dia de avaliação. No 15º dia de avaliação, os tratamentos com 2% e 3% CaCl_2 não diferiram do controle, apresentando nota 5 de aparência, tida como limite mínimo de comercialização (Figura 31).

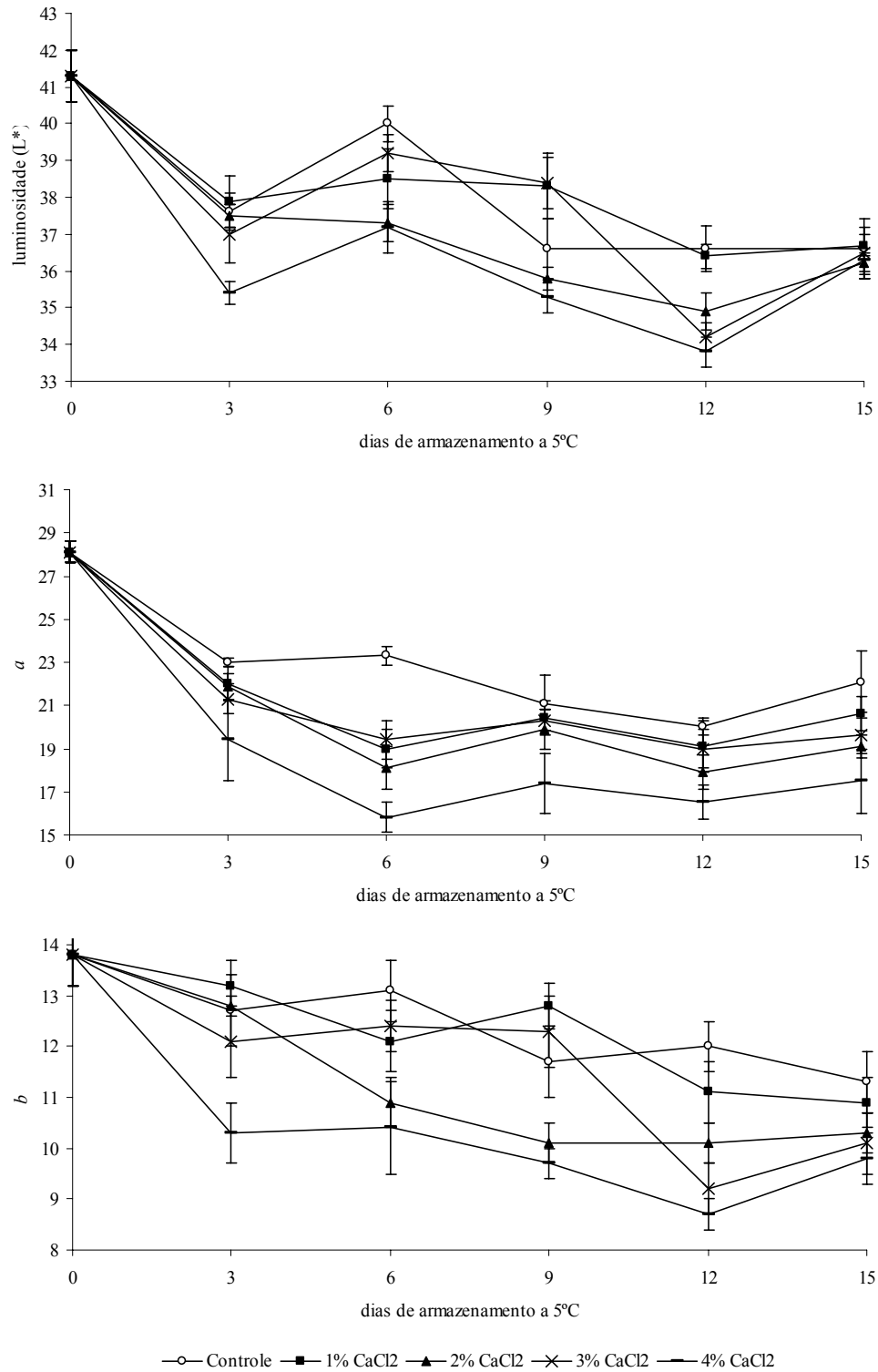


Figura 30 - Valores de Luminosidade (L^*), a e b de lichia 'Bengal' submetida a diferentes concentrações de CaCl_2 e armazenada a 5°C e 90% UR. Barras verticais representam o erro padrão da média ($n=4$)

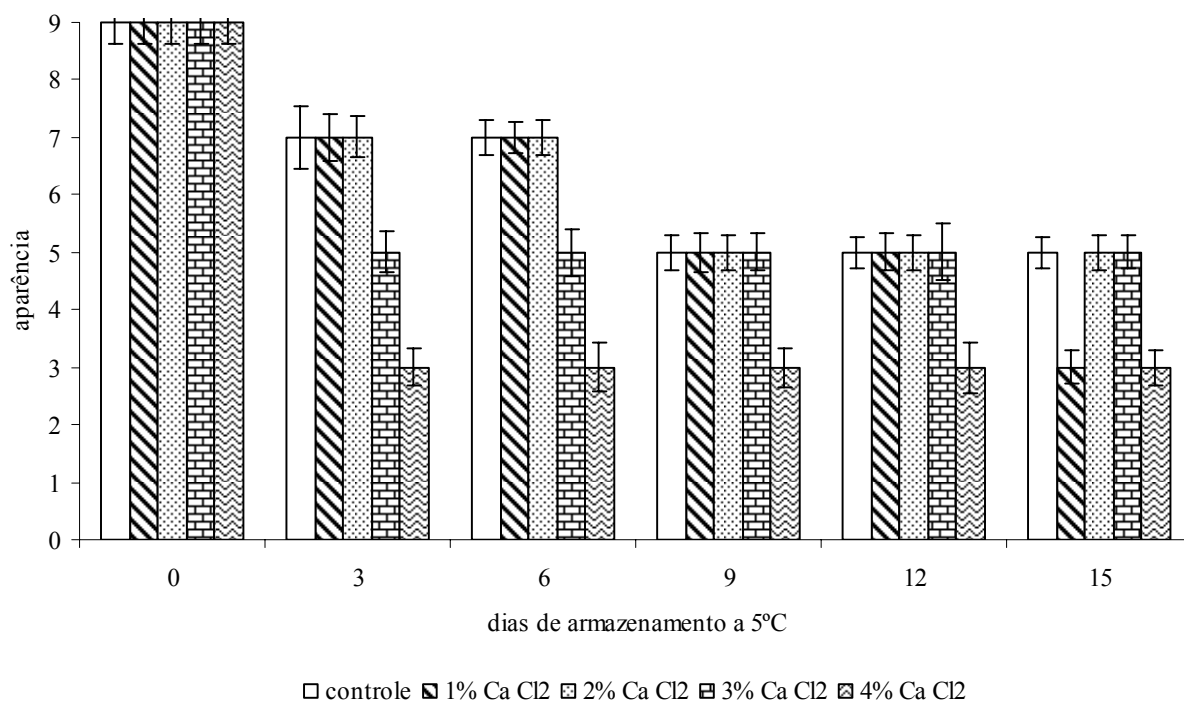


Figura 31 - Valores de aparência de lichia ‘Bengal’ submetida a diferentes concentrações de CaCl_2 e armazenada a 5°C e 90% UR. 9 = frutos com aspecto de frescor e ausência de escurecimento; 7 = frutos com aspecto de frescor, porém com leve escurecimento; 5 = frutos com pouco aspecto de frescor e moderado escurecimento; 3 = frutos sem aspecto de frescor, elevado escurecimento; 1 = frutos totalmente desidratados e escuros. A nota 5 foi considerada como limite de comercialização. Barras verticais representam o erro padrão da média ($n=4$)

A atividade específica da enzima PAL ao início do experimento foi de $77,51 \text{ mmol} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{mg}^{-1}$ proteína, para todos os tratamentos, sendo que esta atividade apresentou acréscimos e decréscimos ao longo do armazenamento refrigerado (Figura 32).

A menor atividade específica, foi apresentada pelo tratamento com 2% CaCl_2 , no 3º dia de avaliação, com valores de atividade específica de $65,47 \text{ mmol} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{mg}^{-1}$ proteína; já, a maior atividade específica foi apresentada pelo tratamento com 1% CaCl_2 , no 6º dia de avaliação, com valores de atividade específica de $85,33 \text{ mmol} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{mg}^{-1}$ proteína (Figura 32).

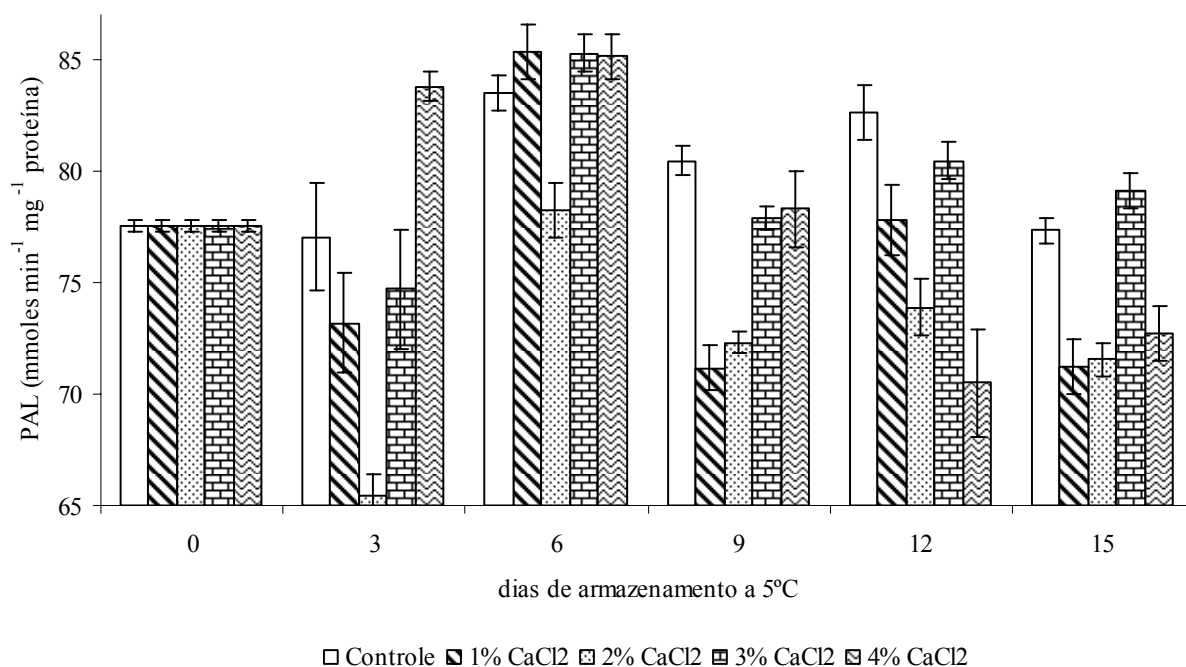


Figura 32 - Atividade específica da fenilalanina amônia-liase (PAL) no pericarpo de lichias 'Bengal' submetida a diferentes concentrações de CaCl₂ e armazenada a 5°C e 90% UR. Barras verticais representam o erro padrão da média ($n=3$)

A atividade específica da enzima POD ao início do experimento (dia zero) foi de 9,33 $\mu\text{moles H}_2\text{O}_2$ decomposto $\text{min}^{-1} \text{mg}^{-1}$ proteína, para todos os tratamentos testados, sendo que esta atividade apresentou acréscimos até o 3º dia de avaliação, com exceção do tratamento com 4% CaCl₂, e um posterior decréscimo até o final do experimento (15º dia) (Figura 33).

A maior atividade específica da POD, foi apresentada pelo tratamento controle, no 3º dia de avaliação, com valores de atividade específica de 17,37 $\mu\text{moles H}_2\text{O}_2$ decomposto $\text{min}^{-1} \text{mg}^{-1}$ proteína; já, a menor atividade específica foi apresentada pelo tratamento com 2% CaCl₂, no 9º dia de avaliação, com valores de atividade específica de 3,55 $\mu\text{moles H}_2\text{O}_2$ decomposto $\text{min}^{-1} \text{mg}^{-1}$ proteína (Figura 33).

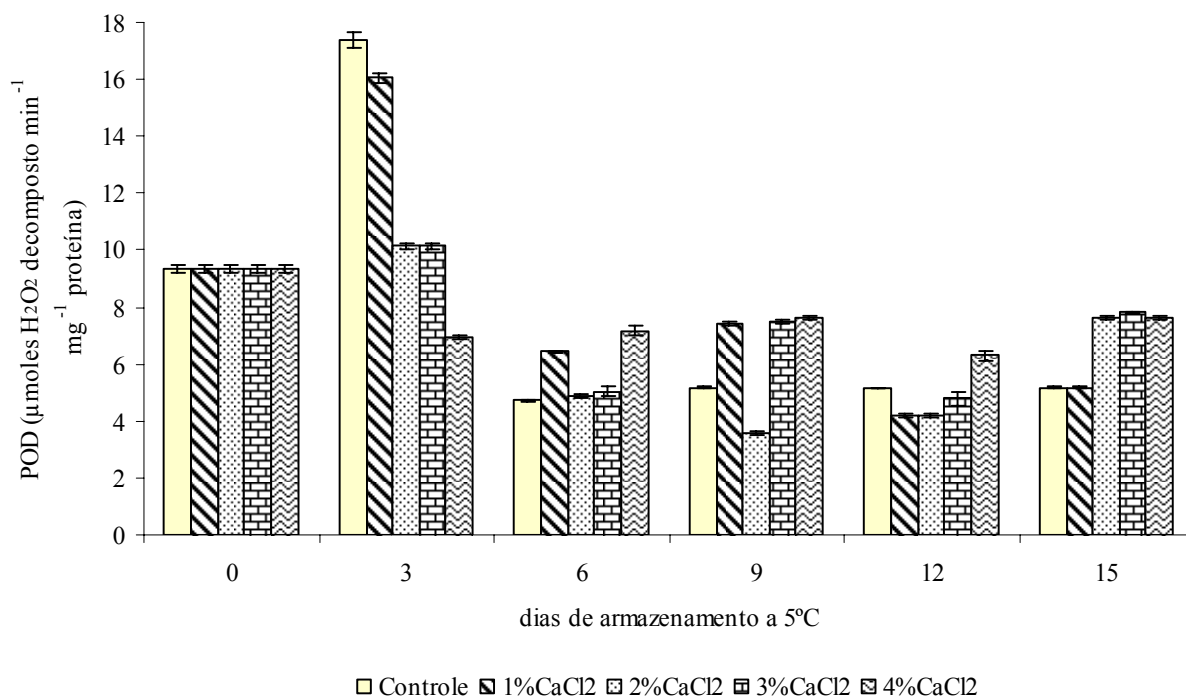


Figura 33 - Atividade específica da peroxidase (POD) no pericarpo de lichias 'Bengal', submetida a diferentes concentrações de CaCl₂ e armazenada a 5°C e 90% UR. Barras verticais representam o erro padrão da média ($n=3$)

A atividade específica da PPO ao início do experimento (dia zero) foi de 2,24 $\mu\text{moles de catecol transformado min}^{-1} \mu\text{g}^{-1}$ proteína, para todos os tratamentos testados, sendo que esta atividade específica, apresentou em média, decréscimos ao longo do armazenamento refrigerado em comparação aos valores iniciais de atividade específica (Figura 34).

A menor atividade específica, foi apresentada pelo tratamento com 4% CaCl₂, no 6º dia de avaliação, com valores de atividade específica de 0,23 $\mu\text{moles de catecol transformado min}^{-1} \mu\text{g}^{-1}$ proteína; já, a maior atividade específica foi apresentada ao início do experimento (dia zero), para todos os tratamentos testados (Figura 34).

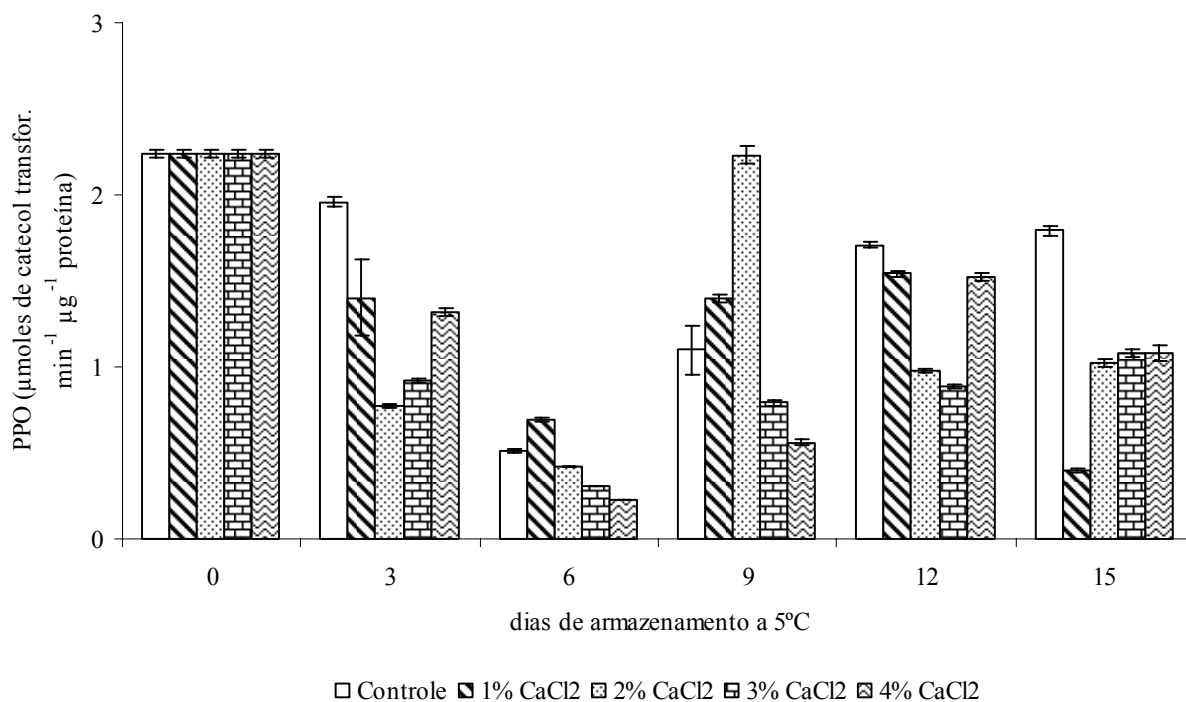


Figura 34 - Atividade específica da polifenoloxidase (PPO) no pericarpo de lichias 'Bengal', submetida a diferentes concentrações de CaCl₂ e armazenada a 5°C e 90% UR. Barras verticais representam o erro padrão da média ($n=3$)

As PPOs atuam sobre compostos fenólicos, causando a sua oxidação a quinonas na presença de O₂, com escurecimento dos tecidos devido à polimerização delas ou à sua reação com aminoácidos e proteínas.

Os substratos usuais da PPO incluem os ésteres dos ácidos cinâmicos, como o ácido clorogênico, as catequinas, a 3,4-dihidroxifenilalanina (DOPA) e a tirosina. Também, podem causar o escurecimento em produtos ricos em antocianinas, por atuarem em conjunto com as glicosidases, produzindo as quinonas correspondentes.

As quinonas resultantes da oxidação dos fenólicos apresentam coloração vermelha a marrom-avermelhada; no entanto, a sua subsequente polimerização gera macromoléculas mais escuras. Assim, o escurecimento enzimático dos tecidos vegetais depende não só do tipo de substrato, concentração e localização, como também do tipo de polímero formado a partir da quinona. Cultivares com baixa atividade da PPO são desejáveis tanto para o consumo *in natura*

como para o processamento. No entanto, produtos com elevada atividade dessa enzima podem apresentar maior resistência ao ataque de patógenos (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

5.3 Conclusão

O cloreto de cálcio reduz a taxa respiratória de lichias ‘Bengal’ armazenadas a 5°C, mas não é eficiente para minimizar a perda da coloração vermelha do pericarpo destes frutos durante o armazenamento refrigerado.

Referências

- BANGERTH, F. Calcium-related physiological disorders of plants. **Annual Review of Phytopathology**, California, v.17, p.97-122, 1979.
- BATTEY, N.H. Calcium deficiency disorders of fruits and vegetables. **Postharvest News and Information**, London , v.1, n.1, p.23-27, 1990.
- BIGGS, A.R. Effects of calcium salts on apple bitter rot caused by two *Colletotrichum* spp. **Plant Disease**, Illinois, v.83, p.1001-1005, 1999.
- BURNS, J.K.; PRESSEY, R. Ca²⁺ in cell walls of ripening tomato and peach. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v.112, p.783-787, 1987.
- CHEN, W.; WU, Z.; JI, Z.; SU, M. Postharvest research and handling of litchi in China – a review. **Acta Horticulturae**, Netherlands, v.558, p.321-329, 2001.
- CHITARRA, M.I.; CHITARRA, A.B. **Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio**. Lavras: ESAL/FAEPE, 2005. 535p.
- CONWAY, W.S.; SAMS, C.E. Calcium infiltration of Golden Delicious apples and its effect on decay. **Phytopathology**, Saint Paul, v.73, p.1068-1071, 1983.
- CONWAY, W.S. Effect of postharvest calcium treatment on decay of Delicious apples. **Plant Disease**, Illinois, v.66, p.402-403, 1982.
- CONWAY, W.S.; GREENE, G.M.; HICKEY, K.D. Effects of preharvest and postharvest calcium treatments of peaches on decay caused by *Monilinia fructicola*. **Plant Disease**, Illinois, v.71, p.1084-1086, 1987.
- CONWAY, W.S.; SAMS, C.E.; ABBOTT, J.A.; BRUTON, B.D. Postharvest calcium treatment of apple fruit to provide broad-spectrum protection against postharvest pathogens. **Plant Disease**, Illinois, v.75, p.620-622, 1991.
- DEMARTY, M.; MORVAN, C; THELLIER, M. Calcium and the cell wall. **Plant, Cell and Environment**, Malden, v.7, p.441-448, 1984.
- EDNEY, K.L. An investigation of persistent infection of stored apples by *Gloeosporium* spp. **Annals of Applied Biology**, California, v.82, p.355-360, 1976.

FALLAHI, E.; CONWAY, W.S.; HICKEY, K.D.; SAMS, C.E. The role of calcium and nitrogen in postharvest quality and disease resistance of apples. **HortScience**, Alexandria, v.32, p.831-835, 1997.

FAUST, M.; SHEAR, C.B. The effect of calcium on respiration of apples. **Journal American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v.97, n.4, p.437-439, 1972.

FERGUSON, I.B. Calcium in plant senescence and fruit ripening. **Plant, Cell and Environment**, Malden, v.7, p.477-489, 1984.

FERGUSON, I.B.; DROBAK, B.K. Calcium and the regulation of plant growth and senescence. **HortScience**, Alexandria, v.23, p.262-266, 1988.

GLENN, G.; POOVAIAH, B. Calcium-mediated postharvest changes in texture and cell wall structure and composition in 'Golden Delicious' apples. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v.115, p.962-968, 1990.

HANSON, J.B. **The function of calcium in plant nutrition**. In: TINKER, P.B.; LAUCHLI, A. (Ed.). New York: Advances in Plant Nutrition. Praeger Publisher, 1984. p.149-208.

HEPLER, K.P.; WAYNE, R.O. Calcium and plant development. **Annual Review of Plant Physiology**, California, v.36, p.397-439, 1985.

KOBLITZ, M.G.B. **Bioquímica de Alimentos**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2008. 242p.

MARSCHNER, H. **Mineral Nutrition of Higher Plants**. San Diego: Academic Press, 1995. 889 p.

MENZEL, C.M.; WAITE, G.K. **Litchi and Longan: Botany, Production and Uses**. UK: CABI Publishing, 2005, 305p.

PAULL, R.E.; CHEN, N.J.; DEPUTY, J.; HUANG, H.; CHENG, G.; GAO, F. Litchi growth and compositional changes during fruit development. **Journal American Society Horticulturæ**, Alexandria, v.109, p.817-821, 1984.

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

PICCHIONI, G.A.; WATADA, A.E.; CONWAY, W.S.; WHITAKER, B.D.; SAMS, C.E. Phospholipid, galactolipid, and steryl lipid composition of apple fruit cortical tissue following postharvest CaCl₂ infiltration. **Phytochemistry**, London, v.39, p.763-769, 1995.

POOVAIAH, B.W., GLENN, G.M.; REDDY, A.S.N. Calcium and fruit softening: physiology and biochemistry. **Horticultural Reviews**, New York, v.10, p.107-152, 1988.

SAS INSTITUTE, INC. **The SAS System for Windows** – Release 8,02. Cary, NC, 1998.

SHEAR, C.B. Calcium-related disorders of fruits and vegetables. **HortScience**, Alexandria, v.10, p.361-365, 1975.

SIMON, E.W. The symptoms of calcium deficiency in plants. **New Phytologist**, Sheffield, v.80, p.1-15, 1978.

SIQUEIRA, F.M.; OETTERER, M.; REGITANO-D'ARCE, M.A.B. Nutrientes antioxidantes. **Boletim SBCTA**, Campinas, v.31, n.2, p.192-199, 1997.

SUGAR, D.; POWERS, K.A.; HILTON, R.J. Enhanced resistance to side rot in pears treated with calcium chloride during the growing season. **Plant Disease**, Illinois, v.75, p.212-214, 1991.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. Porto Alegre: Artmed, 2009. 848p.

WHITE, P.J.; BROADLEY, M.R. Calcium in plants. **Annals of Botany**, Oxford, v.92, p.487-511, 2003.

ZAMBRANO, J.; MANZANO, J. Influence du calcium sur la maturation et la conservation des mangues après leur récolte. **Fruits**, Paris, v.50, n.2, p.145-152, 1995.

6 EFEITO DE DIFERENTES RECOBRIMENTOS SOBRE A QUALIDADE DE LICHIAS REFRIGERADAS

Resumo

Este experimento visou estudar o efeito de diferentes recobrimentos na qualidade de lichias ‘Bengal’ frigoconservadas. Foram testadas imersões dos frutos por 30 segundos nos seguintes tratamentos: T1 = água destilada (controle); T2 = ésteres de sacarose (1%); T3 = ésteres de sacarose (2%); T4 = ésteres de sacarose (3%); T5 = ésteres de sacarose (4%); T6 = glúten (10%); T7 = soro de leite (6%); T8 = cera de carnaúba (25% do produto comercial) e T9 = cera de polietileno (25% de produto comercial). Após os tratamentos, os frutos foram acondicionados em bandejas de poliestireno expandido recobertos com filme de policloreto vinila (PVC) de 14µm de espessura, sendo armazenados a 5°C e 90% UR durante 15 dias, e avaliados a cada 3 dias. O delineamento experimental foi inteiramente ao acaso, com esquema fatorial de 9 x 6 (tratamentos x tempo). Foram determinados: taxa respiratória, produção de etileno, perda de massa fresca, sólidos solúveis totais, pH, acidez titulável, “ratio”, teor de ácido ascórbico, coloração (L^* , a e b), análise sensorial (aparência), atividades específicas das enzimas fenilalanina amônia-liase, peroxidase e polifenoloxidase. Em função dos resultados de coloração e aparência, conclui-se que nenhum dos recobrimentos ou ceras testados minimizou a perda de qualidade das lichias armazenadas a 5°C por 15 dias.

Palavras-chave: *Litchi chinensis* Sonn.; Respiração; Atmosfera modificada; Oxigênio

EFFECT OF DIFFERENT COATINGS IN THE LYCHEES QUALITY COLD STORED

Abstract

This experiment aimed to study the effect of different coatings in the lychees 'Bengal' quality cold storage. Immersions of the fruits were tested by 30 seconds in the following treatments: T1 = distilled water (control); T2 = sucrose esters (1%); T3 = sucrose esters (2%); T4 = sucrose esters (3%); T5 = sucrose esters (4%); T6 = gluten (10%); T7 = serum of milk (6%); T8 = wax carnauba (25% of the commercial product) and T9 = wax of polyethylene (25% of commercial product). After the treatments, the fruits were placed in expanded polystyrene trays wrapped in 14 μ m thick polyvinyl chloride (PVC) film, stored at 5°C and 90% RH for 15 days, were evaluated every 3 days. Completely randomized experimental design, with factorial 9 x 6 (treatments x time) was used. Respiratory rate, ethylene production, weight loss, soluble solids, pH, titratable acidity, ratio, ascorbic acid content, color (L^* , a and b), sensorial analysis (appearance), specific activity of phenylalanine ammonia-lyase, peroxidase and polyphenol oxidase enzymes were evaluated. In function of the color results and appearance, it was concluded that none of coatings or waxes tested minimized the loss of lychee quality stored at 5°C during 15 days.

Keywords: *Litchi chinensis* Sonn.; Respiration; Modified atmosphere; Oxygen

6.1 Introdução

Para poder aumentar a vida útil de frutas, são empregados métodos e tratamentos que diminuem a intensidade da respiração aeróbica, diminuem a população microbiana, reduzem a perda de umidade pelos tecidos, minimizam os danos mecânicos, inibam ou retardem a ação das enzimas e as reações de descoloração, e atrasem o amadurecimento e a senescência (WILEY, 1994).

A lichia é propensa à transpiração, sendo que esta, inicialmente, causa dano à aparência dos frutos, os quais perdem sua coloração vermelha, característica do produto fresco, tornando-se marrom. Esta desidratação causa micro-fermentos na superfície do fruto (pericarpo), o que acelera a perda de água e o seu escurecimento. Uma forma de reduzir a transpiração da lichia é a utilização de camadas protetoras na superfície deste. Pesquisas, com a aplicação de uma solução de quitosana e ácido L-glutâmico sobre o fruto, comprovaram reduções na perda de água da ordem de 20% a 4°C em relação aos frutos não tratados (ZHANG; QUANTICK, 1997).

Os ésteres de sacarose são películas protetoras atóxicas, incolores e insípidas, derivadas de uma mistura de ácidos graxos, carboximetilcelulose sódica e mono e diglicerídeos (DINAMARCA; MITCHEL; KADER, 1989). O efeito dos produtos à base de ésteres de sacarose ocorre devido a modificações ao redor das frutas e por restringir a permeabilidade da casca às trocas gasosas. Banks (1984) afirma que os ésteres de sacarose formam uma película fina sobre as frutas, bloqueando os estômatos e limitando a perda de vapor de água dos tecidos.

Comercialmente, esses métodos têm sido pouco aplicados, devido ao baixo conhecimento dos procedimentos de aplicação e do potencial de aumento de conservação em relação ao armazenamento convencional, somente com a refrigeração. Adicionalmente, os efeitos desses tratamentos sobre a fisiologia, bioquímica e a qualidade do produto têm sido pouco estudados e, uma vez estabelecidos, podem permitir identificar processos metabólicos possíveis de manipulação, proporcionando assim a criação de tecnologias de armazenamento que permitam a ampliação do período de conservação e de comercialização de frutos.

Mediante o exposto, este experimento objetivou determinar o efeito da utilização de diferentes ceras ou recobrimentos sobre a qualidade pós-colheita de lichias 'Bengal' frigoconservadas.

6.2 Desenvolvimento

6.2.1 Revisão Bibliográfica

A lichieira é uma árvore subtropical que produz uma das frutas mais saborosas do mundo. A fruta tem o tamanho de um morango e uma casca grossa e firme, possuindo uma atrativa coloração de intenso vermelho. Já, a polpa (arilo) tem coloração branca com aspecto gelatinoso e é apreciada pelo seu excelente sabor, proveniente de uma combinação ideal entre os componentes doces e ácidos. Porém, uma vez colhida, sob condições ambientais, perde todas estas qualidades em apenas dois dias, esta curta vida pós-colheita limita grandemente a comercialização desta fruta (HUANG; XU, 1983; PAULL; CHEN, 1987; HUANG, 2002).

A lichia é sensível à transpiração, sendo que esta, inicialmente, causa um dano na aparência dos frutos, que perdem sua coloração vermelha, característica do produto fresco, tornando-se marrom. Esta desidratação causa micro fermentos na superfície do fruto (pericarpo) que acelera a perda de água e o seu escurecimento. Eventualmente, o arilo também perde água e o fruto fica flácido e insípido (UNDERHILL; CRITCHLEY, 1993; UNDERHILL; SIMONS, 1993).

Nos últimos anos, tem havido um interesse crescente pelo desenvolvimento de formulações de filmes e coberturas comestíveis aplicáveis à superfície de produtos perecíveis, como frutas e hortaliças. Os revestimentos ou coberturas não substituem as embalagens sintéticas não comestíveis, mas podem atuar como coadjuvante, reduzindo o uso das embalagens descartáveis (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

Os materiais utilizados nas formulações podem ser comestíveis ou não, e são usados como filmes, que são pré-formados e aplicados sobre o produto ou são usados como cobertura, aplicada diretamente sobre o produto, formando uma camada fina superficial sobre o mesmo. Além de regularem as trocas gasosas do produto com o meio exterior e a perda de vapor d'água que resulta em perda de massa, controlam a perda de voláteis responsáveis pelo "flavor" (sabor e aroma) do produto (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

Os derivados da celulose (polissacarídeo) apresentam excelentes propriedades para a formação de filmes, que são barreiras eficientes à permeação de O₂. As suas propriedades de barreira ao vapor de água podem ser melhoradas pela adição de lipídeos à formulação. Diferentes coberturas à base de celulose foram comercializadas, entre as quais o "Prolong" e o

“Semperfresh”. São solúveis em água e formuladas com o sal sódico de carboximetilcelulose (CMC) e ésteres de sacarose com ácidos graxos emulsificantes (BALDWIN; NISPEROS-CARRIEDO; BAKER, 1995).

Os revestimentos protéicos apresentam propriedades mecânicas e de barreira superiores às dos polissacarídeos, em decorrência de sua estrutura, que lhes confere melhores propriedades funcionais. Em geral, os filmes protéicos, também, apresentam permeabilidade à água maior do que os filmes elaborados com polímeros sintéticos, pela natureza hidrofílica das proteínas. Essa propriedade pode ser modificada pela adição de ácidos graxos às formulações, o que limita a transferência do vapor d'água através do filme (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

As proteínas do soro (representam 20% das proteínas do leite) contêm cinco grupos de proteínas: α -lactoalbumina, β -lactoglobulina, albumina, imunoglobulinas e proteoseptonas. São pouco estudadas como componentes de filmes comestíveis, mas apresentam bom potencial de uso (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

Entre os componentes lipídicos utilizados como cobertura, encontram-se os seguintes:

Ceras naturais (carnaúba, abelha, candelilea, farelo de arroz).

Ceras de petróleo (parafina, polietileno).

Óleos (parafina, óleos mineral e vegetal).

Acetoglicerídeos e ácido oléico (usados como componentes de cobertura para alterar propriedades mecânicas e de permeabilidade).

Os lipídeos são utilizados como revestimento pelas suas propriedades de barreira à umidade, mas são suscetíveis à oxidação e podem transmitir odor ou sabor ao produto. As emulsões de cera são compostas de cera natural, como carnaúba, podendo também ser usada cera sintética, como emulsão de polietileno (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

6.2.2 Material e Métodos

O experimento foi desenvolvido no Laboratório de Fisiologia e Bioquímica Pós-Colheita do Departamento de Ciências Biológicas, da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (ESALQ/USP), Piracicaba-SP.

Lichias ‘Bengal’ foram colhidas na região de Limeira-SP, localizada a 22° 33’54” de latitude Sul, 47° 24’09” de longitude Oeste e 588 m de altitude. Imediatamente, após a colheita, os frutos foram transportados cuidadosamente, até o laboratório, onde, foram selecionados quanto

à firmeza, ausência de danos mecânicos e podridões visíveis, posteriormente foram armazenados a 10°C por um período de 4 horas. Após este período aplicaram-se os seguintes tratamentos aos frutos, por imersão durante 30 segundos: T1 = água destilada (controle); T2 = ésteres de sacarose (1%); T3 = ésteres de sacarose (2%); T4 = ésteres de sacarose (3%); T5 = ésteres de sacarose (4%); T6 = glúten (10%); T7 = soro de leite (6%); T8 = cera de carnaúba (25% do produto comercial); e T9 = cera de polietileno (25% do produto comercial).

Após os tratamentos, os frutos foram colocados em bandejas de poliestireno expandido, recobertos de filme de policloreto de vinila de 14µm. Foram armazenados em câmara fria a 5°C ($\pm 1^\circ\text{C}$) e 90%UR ($\pm 5\%UR$) durante 15 dias, sendo avaliados a cada 3 dias.

O delineamento experimental foi inteiramente ao acaso com arranjo fatorial 9 x 6 (oito recobrimentos, incluindo o controle, e seis períodos de armazenamento, incluindo o tempo zero). Foram utilizadas seis repetições por tratamento nas determinações de taxa respiratória e produção de etileno; quatro repetições por tratamento nas análises físico-químicas, constando cada uma de 150g de fruta por tratamento e três repetições por tratamento para as análises enzimáticas.

As seguintes variáveis foram determinadas: taxa respiratória, produção de etileno, perda de massa fresca, sólidos solúveis totais (SST), acidez titulável (AT), “ratio” (SST/AT), pH, teor de ácido ascórbico (vitamina C), coloração (L^* , a e b), análises sensorial (aparência), atividades específicas das enzimas fenilalanina amônia-liase (PAL), peroxidase (POD), polifenoloxidase (PPO) e proteínas solúveis. Os métodos de análise se encontram descritos no Capítulo 2, item 2.2.2

Os resultados obtidos foram analisados pelo programa SAS Institute (1998), onde foram submetidos à análise de variância (teste F) e comparação múltipla de médias pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

6.2.3 Resultados e Discussão

Em todos os tratamentos foi verificada redução da taxa respiratória dos frutos em relação aos valores iniciais (tempo zero), sendo que esta taxa manteve-se relativamente constante ao longo do armazenamento refrigerado (Figura 35). Durante o armazenamento, não se obteve um pico de respiração em nenhum dos tratamentos testados, sendo que este resultado reitera o tipo de padrão respiratório não-climatérico apresentado pela lichia.

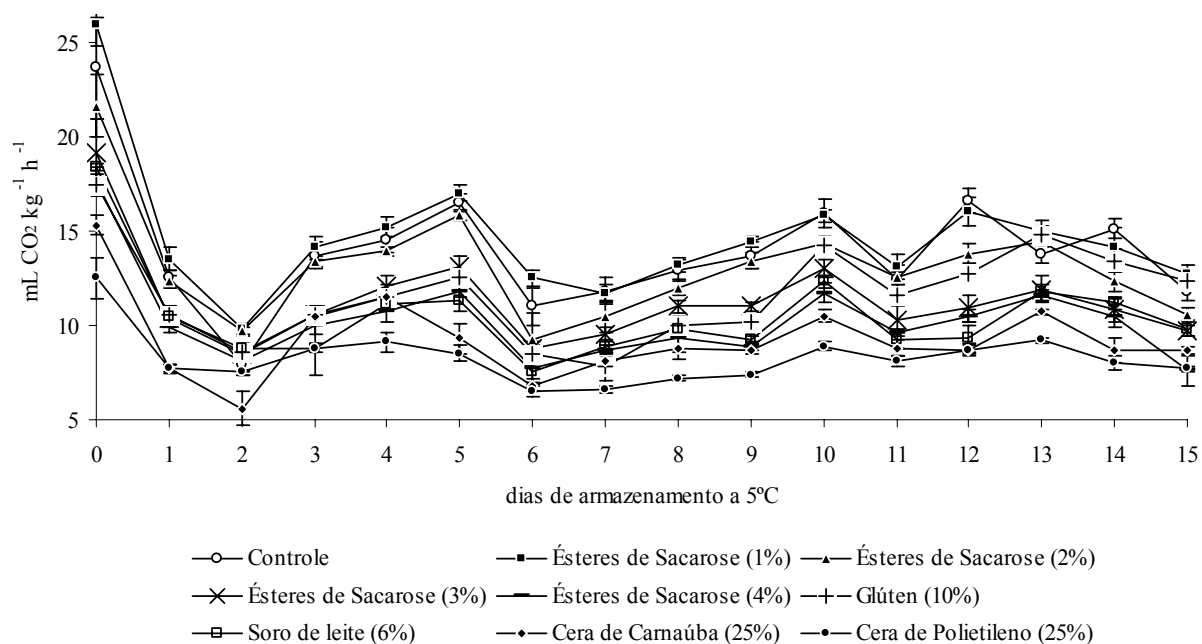


Figura 35 - Taxa respiratória ($\text{mL CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$) de lichias 'Bengal' submetidas ou não a recobrimentos ou ceras e armazenada a 5°C e 90%UR. Barras verticais representam o erro padrão da média ($n=6$)

A produção de etileno apresentou-se variável praticamente para todos os tratamentos (Figura 36). Valores similares de produção de etileno foram descritos por KADER (2008), em lichias armazenadas a 20°C . Paull e Chen (1987), trabalhando na mesma temperatura de armazenamento, não detectaram produção de etileno.

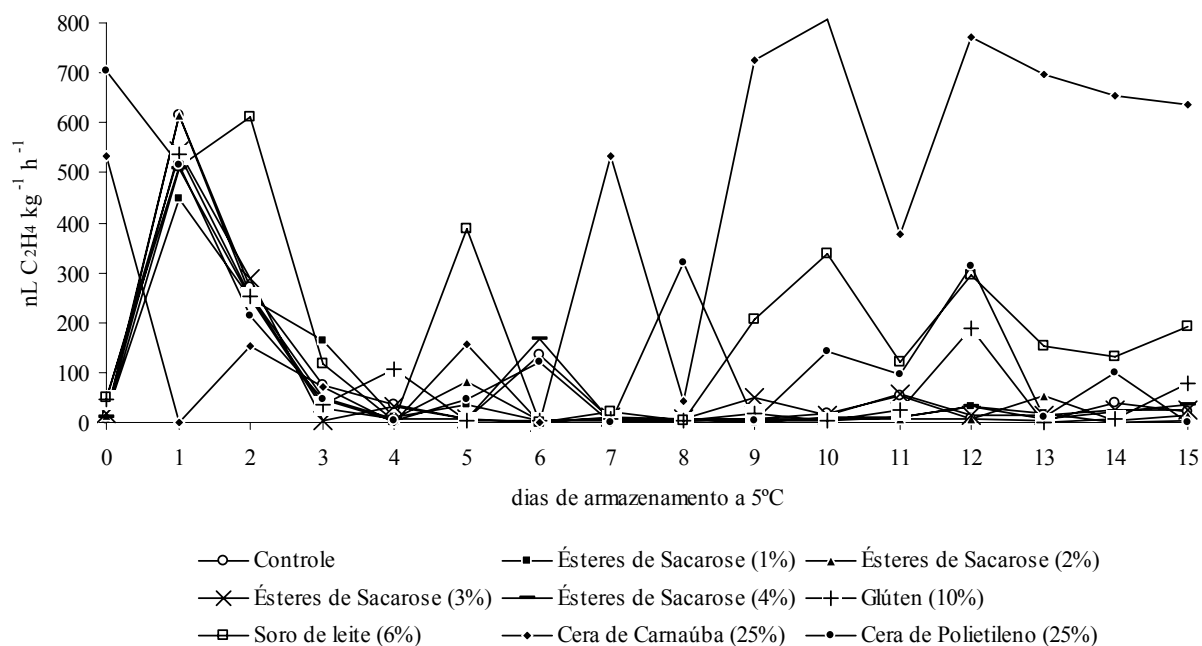


Figura 36 - Produção de etileno ($\text{nL C}_2\text{H}_4 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$) de lichias ‘Bengal’ submetidas ou não a recobrimentos ou ceras e armazenada a 5°C e 90%UR. Barras verticais representam o erro padrão da média ($n=6$)

Todos os tratamentos que continham recobrimentos ou ceras apresentaram perdas de massa fresca de, no máximo, 1,07% (Tabela 22), o que significa que os frutos acondicionados nestes tratamentos perderam massa fresca em quantidades aceitáveis para os períodos de conservação. De maneira geral, perdas de massa fresca superiores a 5% durante o armazenamento, comprometem a qualidade do vegetal. No último dia de avaliação, o tratamento controle apresentou perda média de massa fresca 240% superior a todos os demais tratamentos, o que significa que os tratamentos testados, com exceção do tratamento controle, serviram como barreira contra a perda de umidade dos frutos.

Caro e Joas, (2005) e Joas et al. (2005) obtiveram perdas de massa fresca superiores a 3% em lichias ‘Kway Mi’ tratadas com quitosana e armazenadas a 10°C por 10 dias.

Tabela 22 - Perda de massa fresca (%) de lichia 'Bengal' submetida a diferentes recobrimentos ou ceras e armazenada a 5°C e 90% UR

Tratamentos	Dias de armazenamento						CV (%)
	0	3	6	9	12	15	
Controle	0,00 a B*	2,45 a A	2,12 a A	2,25 a A	2,40 a A	2,47 a A	10,93
Ésteres de Sacarose (1%)	0,00 a A	0,43 b A	0,38 b A	0,52 b A	0,73 bc A	0,68 b A	12,83
Ésteres de Sacarose (2%)	0,00 a B	0,46 b AB	0,40 b AB	0,41 b AB	0,49 c A	0,53 b A	13,25
Ésteres de Sacarose (3%)	0,00 a B	0,59 b A	0,82 b A	1,00 b A	0,70 bc A	0,77 b A	14,57
Ésteres de Sacarose (4%)	0,00 a B	0,66 b A	0,77 b A	0,59 b A	0,78 bc A	0,83 b A	13,98
Glúten (10%)	0,00 a B	0,77 b A	0,66 b A	0,65 b A	0,88 b A	0,73 b A	15,96
Soro de Leite (6%)	0,00 a B	0,78 b A	0,58 b AB	0,55 b AB	0,75 bc A	0,65 b A	10,18
Cera de Carnáuba (25%)	0,00 a B	0,74 b A	0,78 b A	0,72 b A	0,94 b A	0,87 b A	13,86
Cera de Polietileno (25%)	0,00 a B	0,82 b A	0,78 b A	0,88 b A	0,85 bc A	1,07 b A	10,38
CV (%)		9,47	8,78	12,86	17,17	13,53	

*Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Os valores de SST dos frutos não foram significativos para os fatores tratamento e dia x tratamento, tendo sido observada pouca variação durante o período de avaliação (Tabela 23).

Tabela 23 - Sólidos solúveis totais (°Brix) de lichia 'Bengal' submetida a diferentes recobrimentos ou ceras e armazenada a 5°C e 90% UR

Tratamentos	Dias de armazenamento					
	0	3	6	9	12	15
Controle	18,63*	17,83	18,65	18,20	18,15	18,30
Ésteres de Sacarose (1%)	18,63	18,05	18,15	18,15	18,30	17,88
Ésteres de Sacarose (2%)	18,63	18,08	17,93	18,23	18,00	17,53
Ésteres de Sacarose (3%)	18,63	17,78	17,60	18,23	17,90	17,58
Ésteres de Sacarose (4%)	18,63	17,43	17,35	18,05	18,08	17,43
Glúten (10%)	18,63	17,65	17,38	17,70	17,65	17,35
Soro de Leite (6%)	18,63	18,13	18,10	18,28	18,40	18,13
Cera de Carnaúba (25%)	18,63	17,73	17,68	18,08	17,95	17,63
Cera de Polietileno (25%)	18,63	18,20	18,00	18,55	18,53	18,28

*Teste F não significativo.

Os valores de pH dos frutos tiveram acréscimos ao longo do armazenamento para todos os tratamentos, entretanto, também, foram não significativos para os fatores tratamento e dia x tratamento, sendo que o pH inicial dos frutos nos diferentes tratamentos foi de 3,88. No 15º dia de armazenamento, o menor valor de pH foi de 4,01, correspondente aos frutos do tratamento imersos em solução contendo ésteres de sacarose (1%); já, o maior valor de pH, neste mesmo dia, foi de 4,28, correspondente aos frutos do tratamento controle (água destilada) (Figura 37).

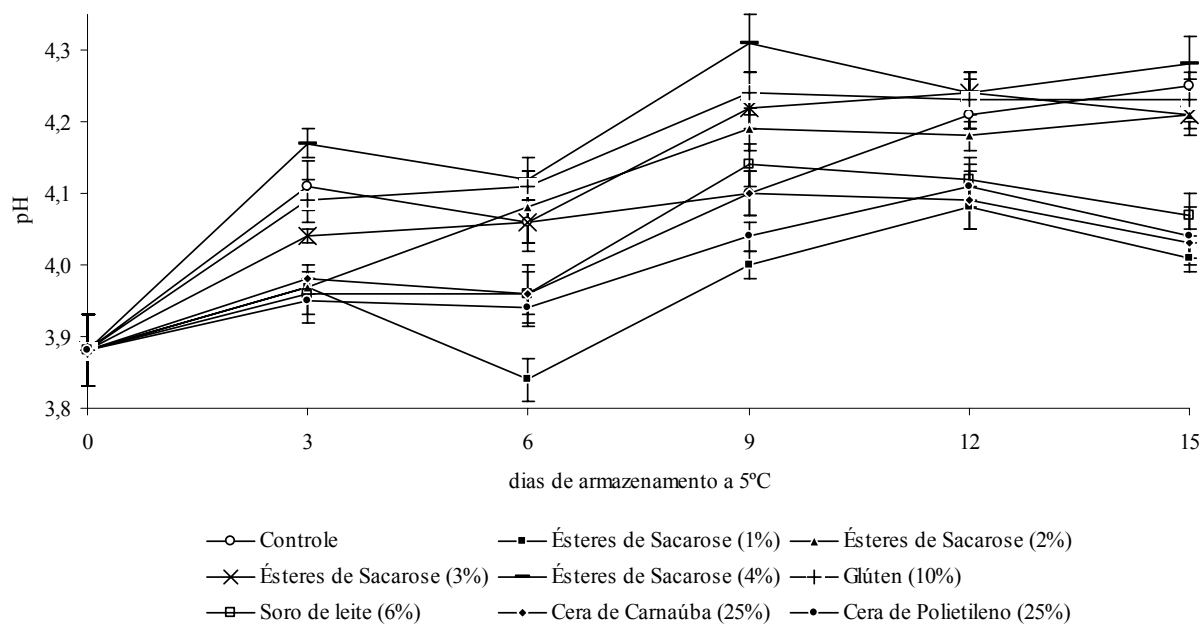


Figura 37 - Valores de pH de lichia 'Bengal' submetida a diferentes recobrimentos ou ceras e armazenada a 5°C e 90% UR. Barras verticais representam o erro padrão da média ($n=4$)

De maneira geral, houve redução no teor de acidez ao longo do período de armazenamento nos diferentes tratamentos, em relação à caracterização (tempo zero). No 15º dia de avaliação, os tratamentos controle (água destilada) e o conteúdo ésteres de sacarose (3%), apresentaram teores de acidez inferiores aos demais tratamentos (Figura 38).

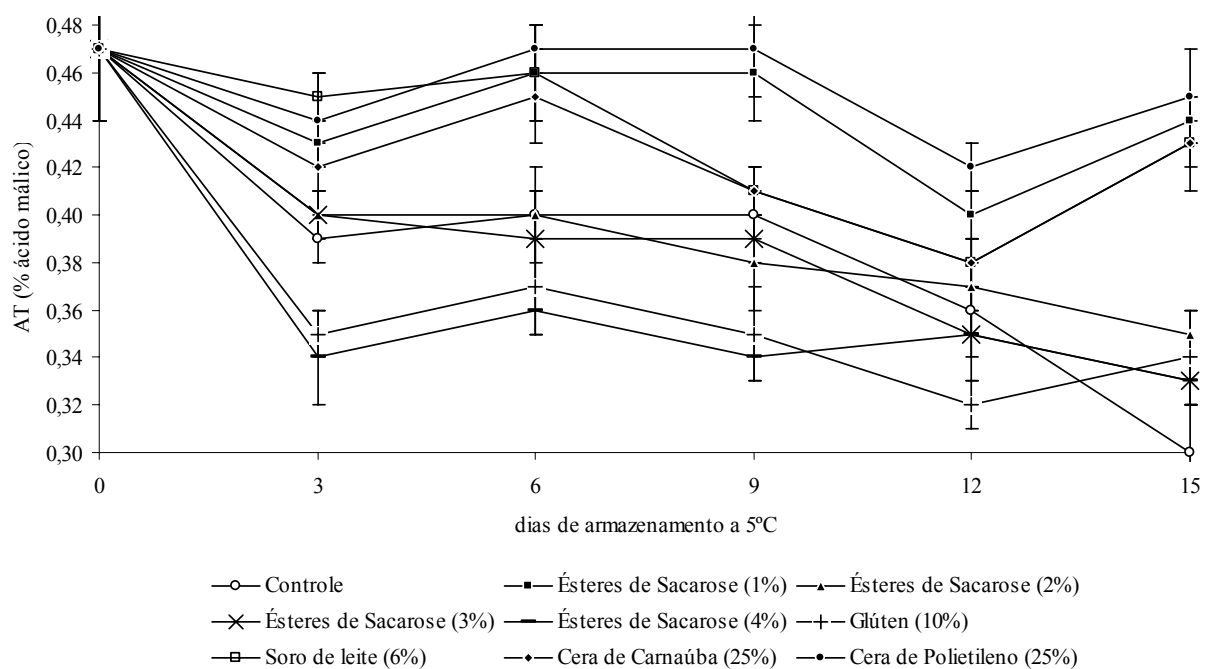


Figura 38 - Acidez Total (% ácido málico) de lichia ‘Bengal’ submetida a diferentes recobrimentos ou ceras e armazenada a 5°C e 90% UR. Barras verticais representam o erro padrão da média ($n=4$)

Os valores de “ratio” dos frutos para todos os tratamentos são apresentados na Figura 39. Estes valores de “ratio” destes frutos não foram significativos para os fatores tratamento e dia x tratamento.

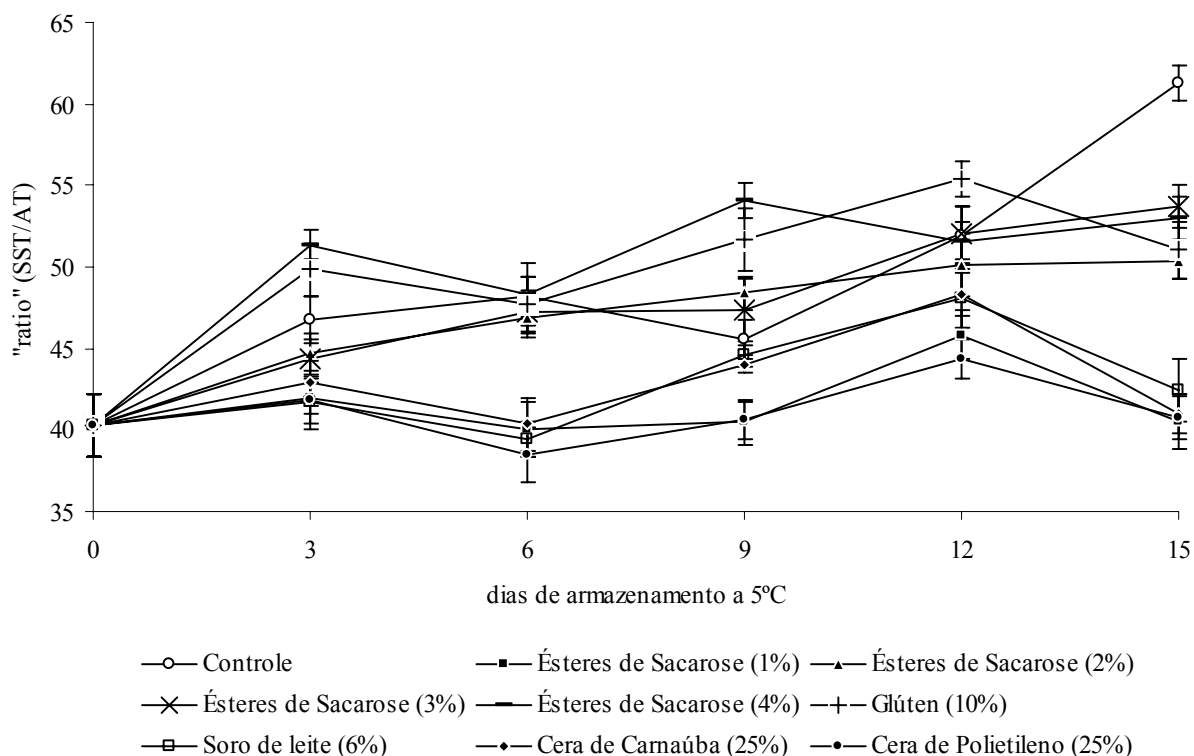


Figura 39 - Valores de "ratio" (SST/AT) de lichia 'Bengal' submetida a diferentes recobrimentos ou ceras e armazenada a 5°C e 90% UR. Barras verticais representam o erro padrão da média ($n=4$)

Os teores de ácido ascórbico dos frutos não foram significativos para os fatores tratamento e dia x tratamento, sendo que, estes teores variaram entre 36,98 e 19,46 mg 100g⁻¹ polpa (Figura 40). Houve uma redução no terceiro dia, mantendo-se estabilizado até o 15º dia em todos os tratamentos.

O teor de vitamina C tende a diminuir com a maturação e com o armazenamento de muitos hortícolas, devido à atuação direta da enzima ascorbato oxidase, ou pela ação de enzimas oxidativas, como a peroxidase. A vitamina C encontra-se em tecidos vegetais na forma reduzida, como ácido ascórbico (AA), ou na forma oxidada, como ácido deidroascórbico (DHA), ambos com atividade vitamínica. No entanto, a degradação do DHA para ácido 2,3-dicetogulônico leva à perda da atividade biológica e esse, através de outras reações químicas, produz pigmentos escuros que depreciam a aparência do produto (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

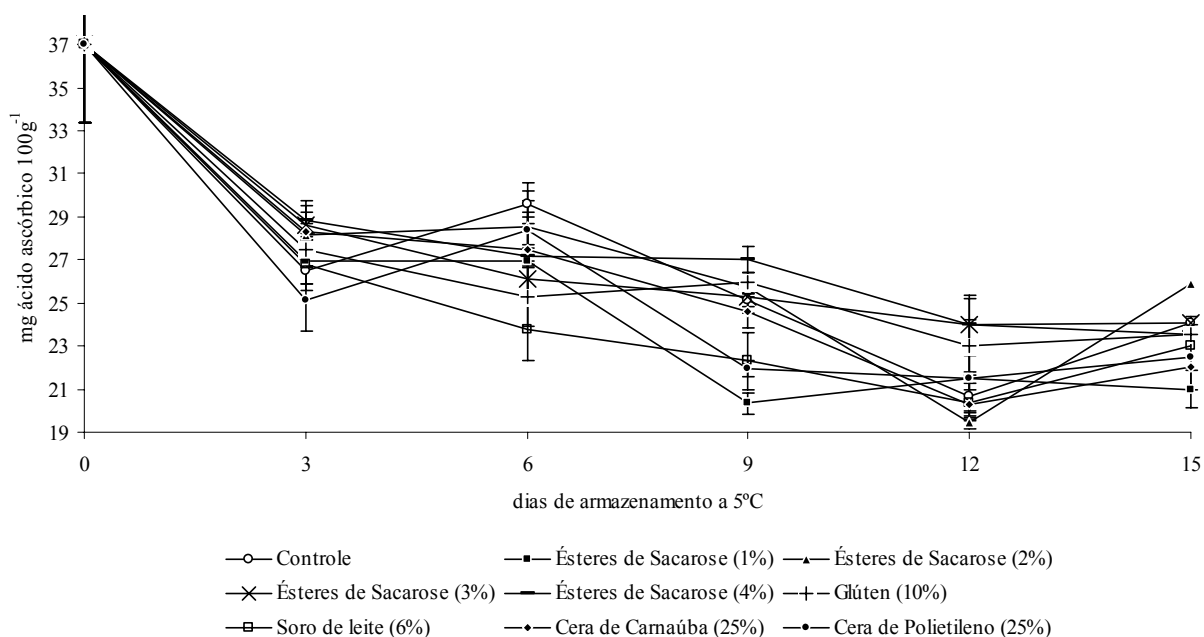


Figura 40 - Teor de ácido ascórbico ($\text{mg ácido ascórbico } 100\text{g}^{-1}$) de lichia 'Bengal' submetida a diferentes recobrimentos ou ceras e armazenada a 5°C e 90% UR. Barras verticais representam o erro padrão da média ($n=4$)

Com respeito à luminosidade (L^*), o tratamento com soro de leite (6%), apresentou uma drástica e rápida mudança de coloração para tonalidades mais escuras até o final do experimento, já, a partir do 3º dia de avaliação (Figura 41).

No 15º dia de avaliação, os valores de luminosidade (L^*) apresentaram-se inferiores em relação aos valores iniciais em todos os tratamentos (Figura 41). Reduções nos valores de L^* mas sem diferenças significativas entre os tratamentos, foram obtidos, por Joas et al. (2005), em lichias 'Kway Mi' tratadas com quitosana e armazenadas a 10°C .

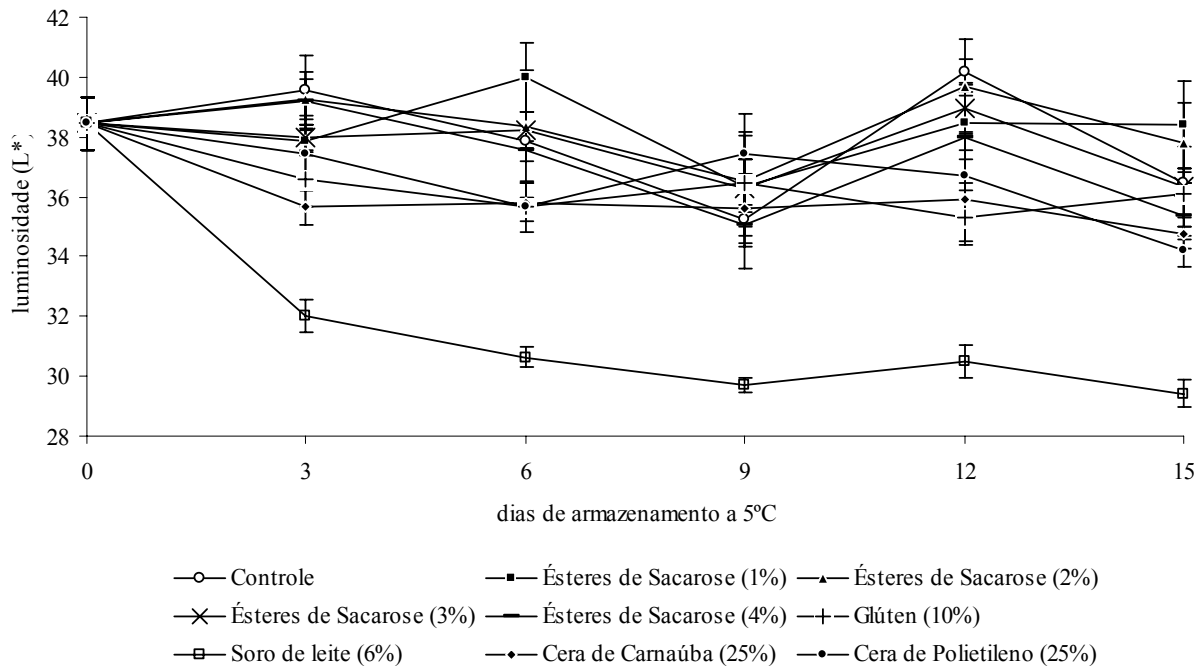


Figura 41 - Valores de Luminosidade (L^*) de lichia 'Bengal' submetida a diferentes recobrimentos ou ceras e armazenada a 5°C e 90% UR. Barras verticais representam o erro padrão da média ($n=4$)

O tratamento com soro de leite (6%) apresentou reduções médias de 50% nos valores de a , em comparação aos demais tratamentos. Inicialmente, os valores de a foram de 26,08, para todos os tratamentos, enquanto que no 15º dia de armazenamento estes valores foram de 24,37; 18,35; 21,70; 22,73; 22,08; 18,47; 16,13; 19,99 e 19,05, para os tratamentos controle (água destilada), ésteres de sacarose (1%), ésteres de sacarose (2%), ésteres de sacarose (3%), ésteres de sacarose (4%), glúten (10%), soro de leite (6%), cera de carnaúba (25%) e cera de polietileno (25%), respectivamente. Neste dia de avaliação, o tratamento com soro de leite (6%) apresentou valores de a inferiores aos valores dos demais tratamentos, o que demonstra que os frutos deste tratamento apresentaram uma coloração menos avermelhada, em comparação aos demais tratamentos, sendo este fato indesejável no armazenamento e comercialização deste tipo de fruto (Figura 42).

Diminuição nos valores de a , mas sem diferenças significativas entre os tratamentos, foram obtidos, por Joas et al. (2005), em lichias 'Kway Mi' tratadas com quitosana e armazenadas a 10°C.

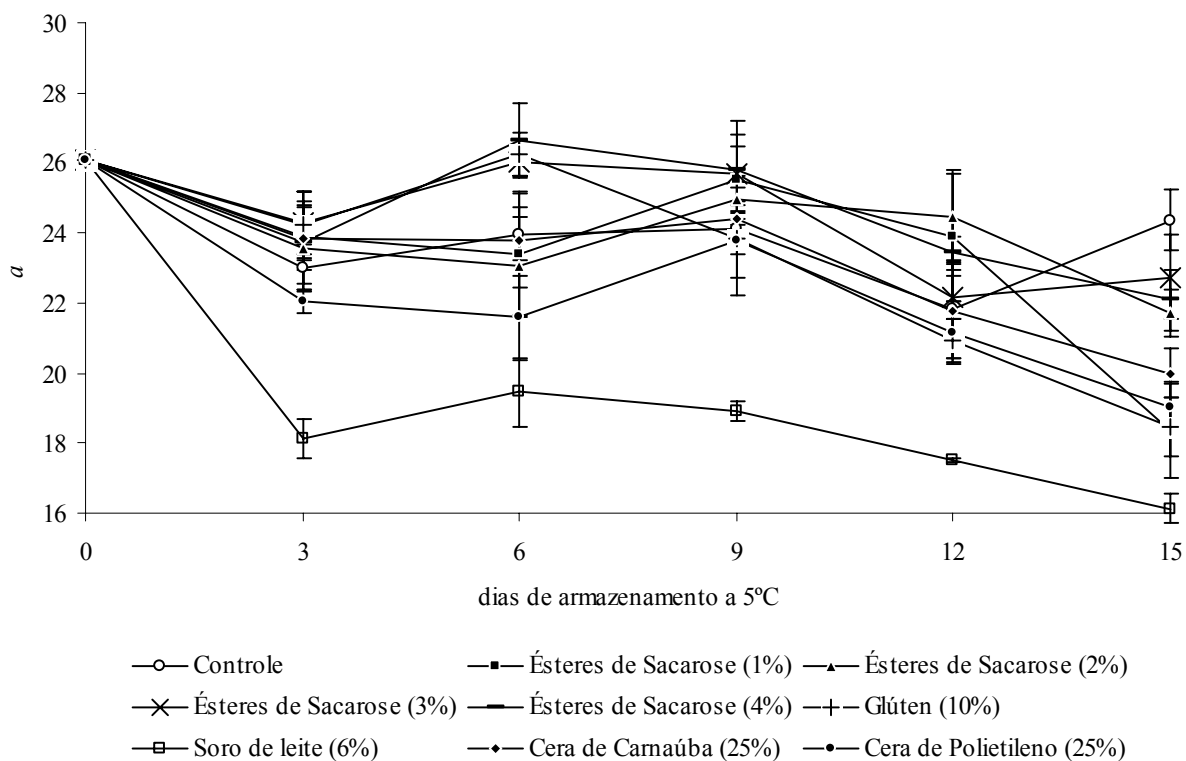


Figura 42 - Valores de a de lichia 'Bengal' submetida a diferentes recobrimentos ou ceras e armazenada a 5°C e 90% UR. Barras verticais representam o erro padrão da média ($n=4$)

Os valores de b , de todos os tratamentos são apresentados na Figura 43. Reduções nos valores de b , mas sem diferenças significativas entre os tratamentos, foram obtidos, por Joas et al. (2005), em lichias 'Kway Mi' tratadas com quitosana e armazenadas a 10°C.

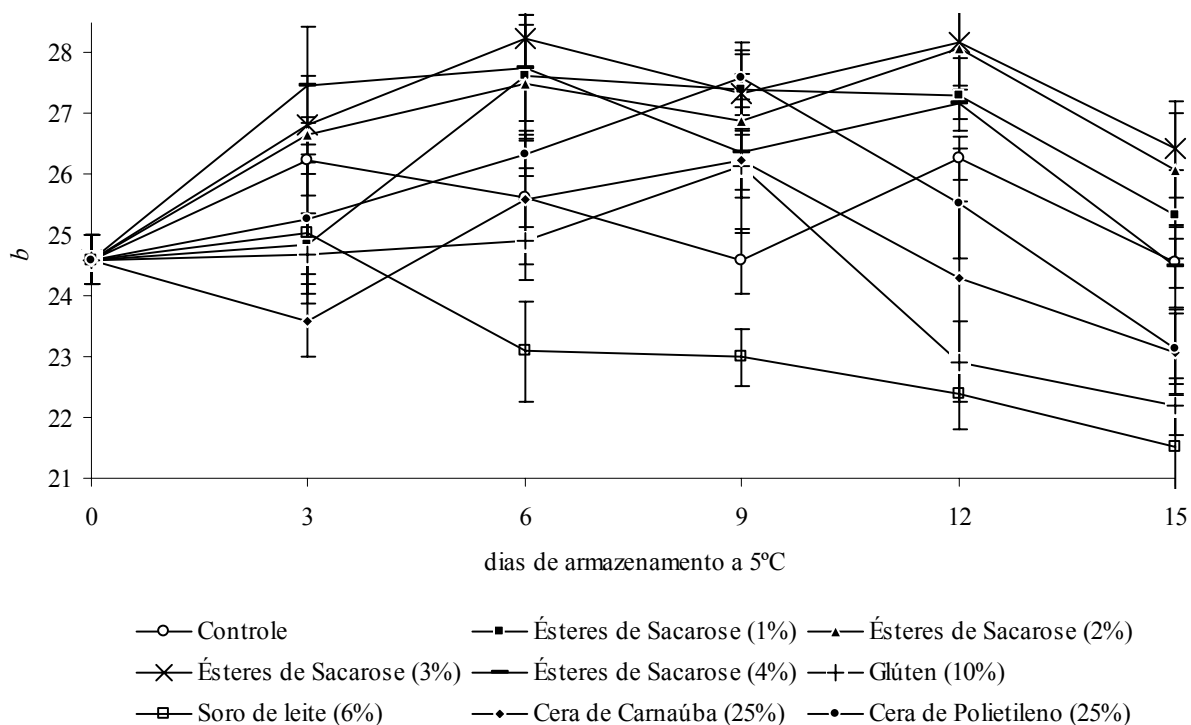


Figura 43 - Valores de b de lichia 'Bengal' submetida a diferentes recobrimentos ou ceras e armazenada a 5°C e 90% UR. Barras verticais representam o erro padrão da média ($n=4$)

Em relação à análise sensorial, avaliada pela aparência, ao final do experimento (15º dia), os tratamentos com ésteres de sacarose (4%), glúten (10%), soro de leite (6%) e cera de carnaúba (25%) apresentaram valores de inferiores aos requeridos para a comercialização de lichia, sendo que os demais tratamentos, no último dia do experimento, apresentavam-se com valores de aparência no limite inferior a comercialização (Figura 44).

A aparência é o principal atributo de qualidade do ponto de vista de comercialização. É avaliada por diferentes atributos tais como: ausência de defeitos, cor, tamanho, grau de frescor, brilho e forma. Dentre os componentes deste atributo a cor é o mais importante, pois além de estar relacionada com o estado de maturação/amadurecimento, é o fator que “mais chama” a atenção do consumidor final (as cores vivas atraem muito mais o comprador).

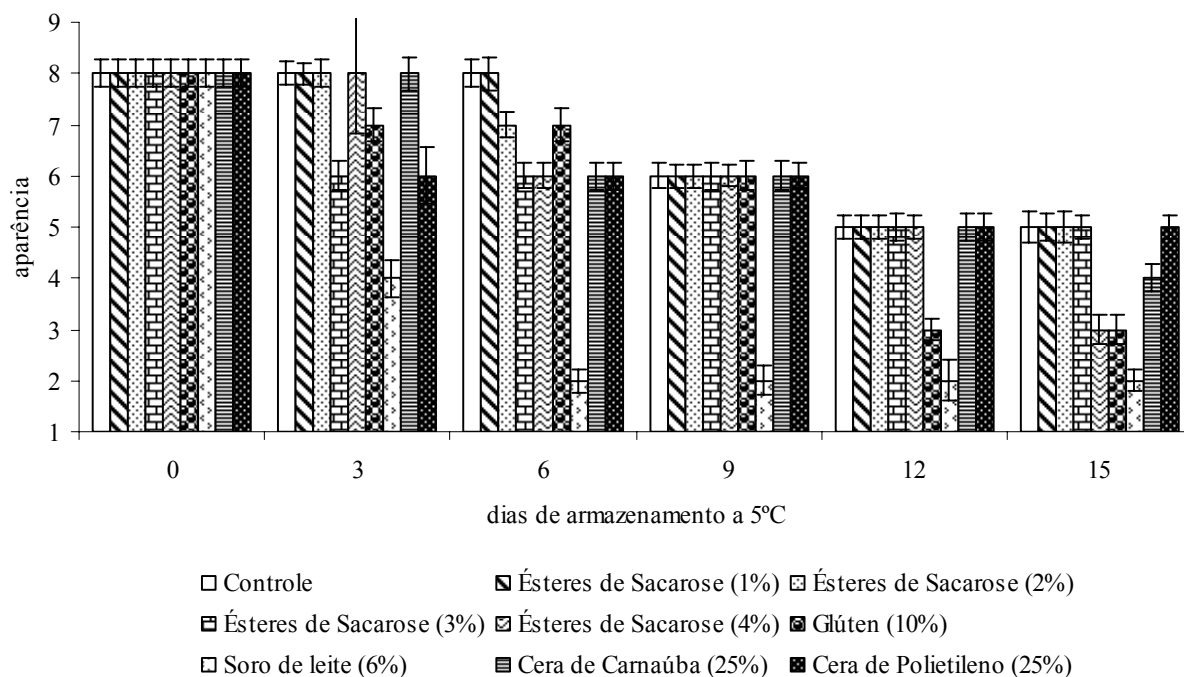


Figura 44 - Valores da análise sensorial de aparência de lichia ‘Bengal’ submetida a diferentes recobrimentos ou ceras e armazenada a 5°C e 90% UR. 9 = frutos com aspecto de frescor e ausência de escurecimento; 7 = frutos com aspecto de frescor, porém com leve escurecimento; 5 = frutos com pouco aspecto de frescor e moderado escurecimento; 3 = frutos sem aspecto de frescor, elevado escurecimento; 1 = frutos totalmente desidratados e escuros. A nota 5 foi considerada como limite de comercialização. Barras verticais representam o erro padrão da média ($n=15$)

Não foi possível estabelecer um padrão de resposta para a atividade específica da enzima PAL em função dos tratamentos aplicados, havendo grande variabilidade de respostas. A atividade específica da enzima PAL variou entre 68,45 e 89,56 $\text{mmoles min}^{-1} \text{mg}^{-1}$ proteína, tendo acréscimos e decréscimos na atividade específica para todos os tratamentos ao longo de todo o experimento (Figura 45). Jiang e Fu (1999) observaram valores similares de atividade específica da enzima PAL em experimentos com lichias ‘Huaizhi’.

A PAL é a primeira enzima da rota do metabolismo fenólico, sendo que sua atividade é induzida em condições de estresse. Ela catalisa uma reação de desaminação da L-fenilalanina (aminoácido aromático) em ácido *trans*-cinâmico e íons de amônia livres. Esta reação é o primeiro passo da rota que biossintetiza os fenilpropanóides (JONES, 1984).

Em consequência, o aumento da atividade da enzima PAL provoca o incremento da concentração de compostos fenólicos, que são substratos para as enzimas oxidativas, tais como as

enzimas PPO e POD, podendo desta forma, indiretamente contribuir para o escurecimento enzimático do pericarpo das lichias, ao longo da pós-colheita.

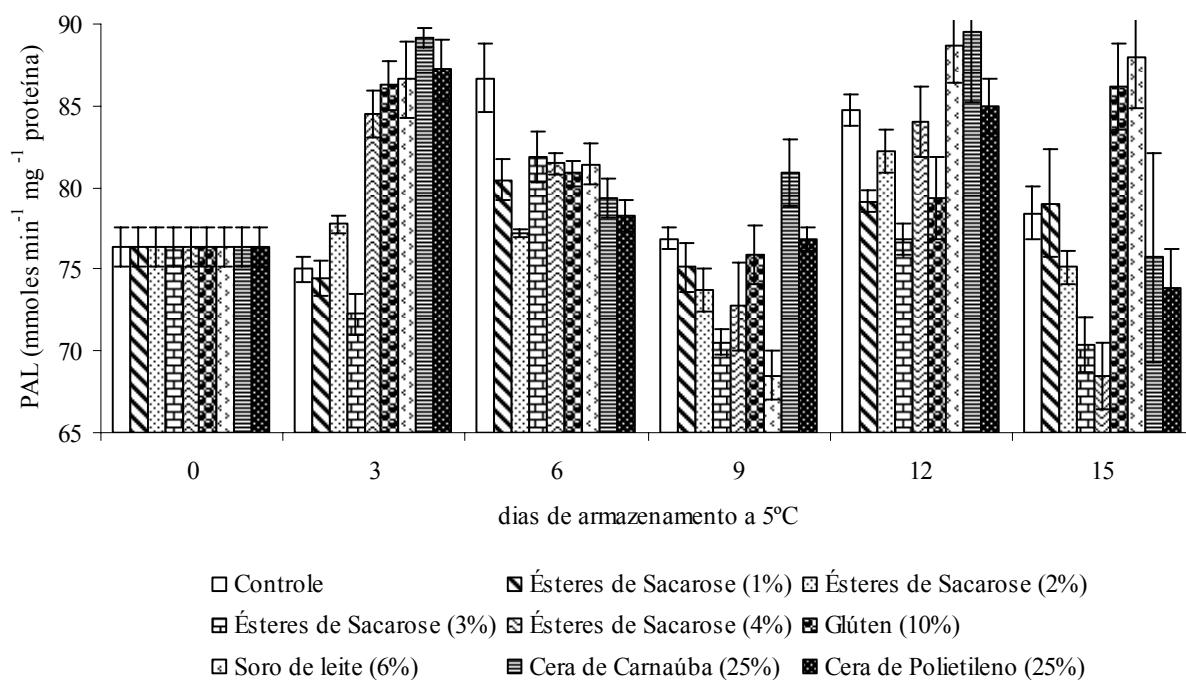


Figura 45 - Atividade específica da enzima fenilalanina amônia-liase (PAL) no pericarpo de lichia 'Bengal' submetida a diferentes recobrimentos ou ceras e armazenada a 5°C e 90% UR. Barras verticais representam o erro padrão da média ($n=3$)

A enzima POD, também não apresentou um padrão de resposta plausível para verificar o efeito dos tratamentos, havendo tratamentos que causaram incrementos e outros, diminuição na atividade específica, alternando estas respostas em dias diferentes de armazenamento (Figura 46).

Em contrapartida, Zhang e Quantick (1997) estudando o efeito da aplicação de quitosana em lichias 'Huaizhi' ao longo do armazenamento refrigerado a 4°C e 90% UR por 33 dias, observaram contínuos incrementos na atividade da POD, e as atividades destes tratamentos com recobrimentos foram inferiores ao do tratamento controle.

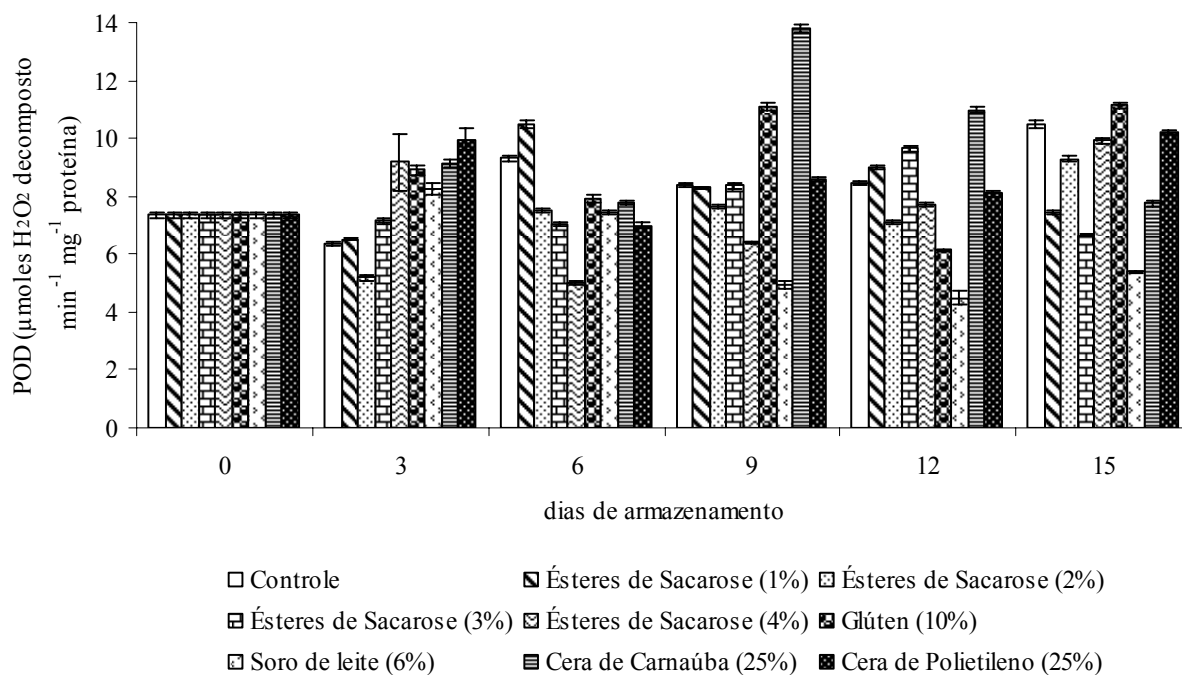


Figura 46 - Atividade específica da enzima peroxidase (POD) no pericarpo de lichia 'Bengal' submetida a diferentes recobrimentos ou ceras e armazenada a 5°C e 90% UR. Barras verticais representam o erro padrão da média ($n=3$)

As PODs são um grupo de enzimas que contem ferro em seu grupo prostético e catalisam a oxidação dos compostos fenólicos à quinonas, em presença de peróxido de hidrogênio (DUNFORD; STILLMAN, 1976). A atividade dessa enzima pode ser constatada quando ocorre algum fermento, estresse fisiológico e infecções nos vegetais. A POD é uma enzima que está relacionada com processos de cicatrização, como, por exemplo, a lignificação (CANTOS et al., 2002; LÓPEZ-SERRANO; RÓS-BARCELO, 1995). Estas enzimas são responsáveis, também, pelo aparecimento de sabores e odores estranhos, porém, sua atividade no processo de escurecimento é muito limitada devido à disponibilidade de peróxido de hidrogênio no interior das células vegetais. ROBINSON (1991) relata que a atividade da enzima POD, já, foi detectada no vacúolo, tonoplasto, plasmalema e mitocôndria.

A liberação de peróxido de hidrogênio na oxidação de alguns compostos fenólicos, catalisados pela enzima PPO pode indicar uma possível ação sinérgica entre essas duas enzimas, o que sugere a participação da enzima POD nos processos de escurecimento

(SUBRAMANIAN et al., 1999). Embora a enzima POD possa, também, contribuir para o escurecimento enzimático, sua função ainda continua questionável devido à baixa disponibilidade de peróxido de hidrogênio nas células de frutas e vegetais (GARCIA; BARRETT, 2002; SUBRAMANIAN et al., 1999).

A enzima PPO apresentou menor atividade específica até o 6º dia em comparação aos períodos superiores de armazenamento (Figura 47). Observou-se que a atividade da PPO apresentou um acréscimo significativo no 9º dia de conservação, para todos os tratamentos testados, incluindo o controle.

Decréscimos da atividade da PPO foram observados por Bryant (2004) em lichias 'Kwai May Pink' tratadas com ésteres de sacarose (1,5 e 2,5%) e armazenadas a 4°C.

Incrementos na atividade da enzima PPO em lichias foram, também, observados em outros estudos ao longo do armazenamento refrigerado (ZHANG et al., 1991; ZHANG; QUANTICK, 1997; SUN et al., 1992), assim como decréscimos nesta atividade após ter alcançado um pico de atividade (LIN et al., 1988; PENG; CHENG; SHI, 1999).

As enzimas PPOs, também conhecidas como tirosinases, cresolases, catecolases, difenolases e fenolases, catalisam dois tipos de reações, ambas envolvendo oxigênio. A primeira reação corresponde à hidroxilação de monofenóis formando *o*-difenois e a segunda, à oxidação de *o*-difenois, formando *o*-quinonas. As enzimas PPOs atuam sobre uma grande variedade de substratos, tais como *p*-cresol, tirosina, ácido *p*-cumárico, catecol, didroxifenilalanina e ácido clorogênico (GOMES et al., 2001).

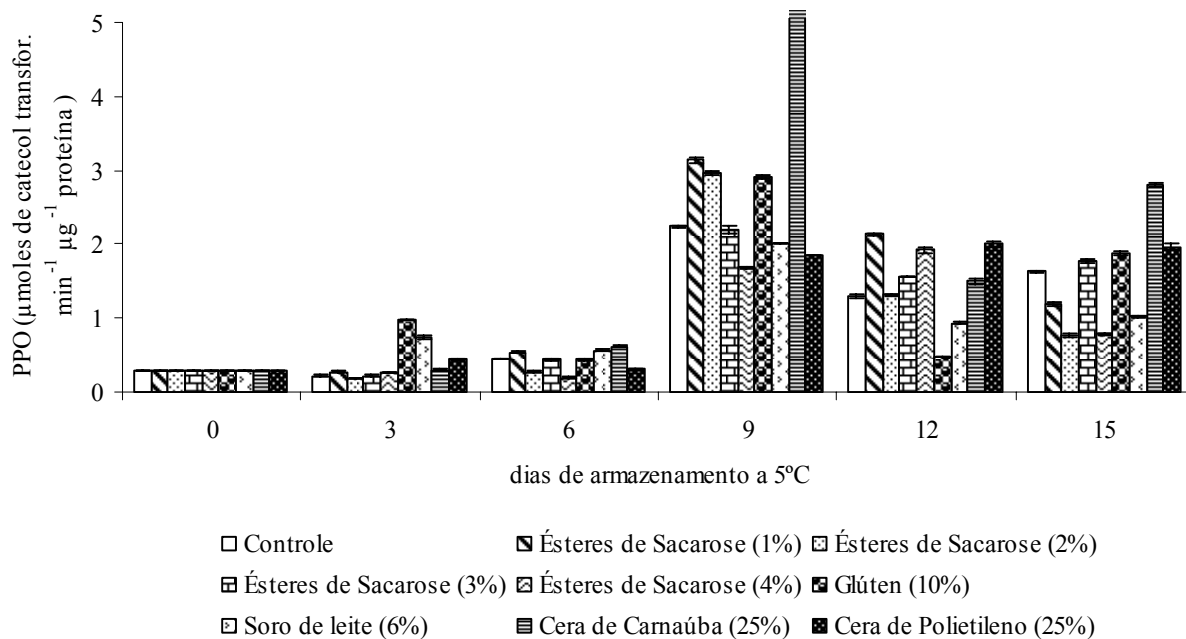


Figura 47 - Atividade específica da polifenoloxidase (PPO) no pericarpo de lichia 'Bengal' submetida a diferentes recobrimentos ou ceras e armazenada a 5°C e 90% UR. Barras verticais representam o erro padrão da média ($n=3$)

Segundo Lee e Wicker (1991), a PPO não oxida diretamente as antocianinas, que é o pigmento responsável pela atrativa cor vermelha do pericarpo das lichias, entretanto o produto da oxidação do 4-metilcatecol, causada pela PPO, é o responsável pela aceleração da degradação destes pigmentos.

Uma parte das enzimas PPOs, usualmente, encontra-se em forma latente, formando pontes com os constituintes das membranas e somente quando esta enzima é solubilizada, acontece a atividade da mesma. Na ausência de agentes, como detergentes, que a solubilizem, são difíceis os ensaios da atividade da PPO. Neste experimento, verificou-se a atividade desta enzima, uma vez que foram tomados todos os cuidados possíveis na extração e posterior quantificação da mesma. Cuidados com o tipo de tampão, concentração de tampão e pH do tampão de extração, por exemplo, são fundamentais para a manutenção do arranjo tridimensional dos átomos na molécula, o qual é chamado de conformação; as mudanças na conformação não envolve quebra de ligações covalentes, a desnaturação da proteína (enzima) implica a perda dessa forma tridimensional única e resulta na perda de capacidade catalítica (TAIZ; ZEIGER, 2009).

A descompartimentação celular envolve a ativação de eventos em “cascata”, incluindo a ativação da enzima PPO latente e/ou indução sistêmica *de novo* dessa enzima bem como a indução da enzima POD (HYODO; TANAKA; SUZUKI, 1991; KETSA; ATANTEE, 1998). Os danos mecânicos talvez provoquem a síntese *de novo* da enzima PAL.

Até o presente momento, os resultados apresentados pelas pesquisas a respeito da atividade da PPO no pericarpo da lichia, são evidentemente inconsistentes e sem nenhum tipo de padrão de resposta, algumas pesquisas mostram acréscimos na atividade, outras não apresentam modificações na sua atividade e outras apresentam decréscimos na atividade desta enzima; aparentemente estes resultados contraditórios na atividade da PPO são devido a diferenças entre cultivares, métodos de extração e quantificação da enzima, assim como à acurácia da pesquisa (JIANG et al.,2004; JIANG et al., 2006). O anterior também é válido para as atividades da PAL e da POD.

Entretanto, o envolvimento destas enzimas no escurecimento enzimático do pericarpo da lichia, já, seja esta, de forma direta (PPO e POD) ou indireta (PAL), não estão sendo questionados; mais bem com os resultados obtidos neste experimento e nos anteriores, o envolvimento destas enzimas no processo de escurecimento enzimático destes frutos está sendo comprovado novamente.

6.3 Conclusão

Nenhum dos recobrimentos ou ceras testados minimizou a perda de qualidade de lichias ‘Bengal’ armazenadas a 5°C por 15 dias.

Referências

- BALDWIN, E.A.; NISPEROS-CARRIEDO, M.O.; BAKER, R.A. Use of edible coatings to preserve quality of lightly (and slightly) processed products. **Critical Reviews on Food Science and Nutrition**, Boca Raton, v.35, n.1, p.509-524, Jan. 1995.
- BANKS, N.H. Studies of the banana fruit surface in relation to the effects of Tal- Prolong coating on gaseous exchange. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v.24, n.3/4, p.279-286, 1984.
- BRYANT, P. **Optimising the postharvest management of lychee (*Litchi chinensis* Sonn.) – a study of mechanical injury and desiccation**. 2004. 397p. Thesis (Doctor of Philosophy) – Department of Crop Sciences, University of Sydney, Sydney, 2004.
- CANTOS, E.; TUDELA, J.A.; GIL, M.I.; ESPIN, J.C. Phenolic compounds and related enzymes are not rate-limiting in browning development of fresh cut potatoes. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v.50, n.2, p.3015-3023, 2002.
- CARO, Y.; JOAS, J. Postharvest control of litchi pericarp browning (cv. Kwai Mi) by combined treatments of chitosan and organic acids II. Effect of the initial water content of pericarp. **Postharvest Biology and Technology**, Netherlands, v.38, p.137-144, 2005.
- CHITARRA, M.I.; CHITARRA, A.B. **Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio**. Lavras: ESAL/FAEPE, 2005. 535p.
- DINAMARCA, E.A.; MITCHEL, F.G.; KADER, A.A. Use of sucrose esters as delaying agents of ripening of pears and plums. **Revista Frutícola**, Curicó, v.10, n.3, p.116-121, 1989.
- DUNFORD, H.B.; STILLMAN, J.S. On the function and mechanism of action of peroxidases. **Coordination Chemistry Reviews**, Lausanne, v.19, n.3, p.187-251, 1976.
- GARCIA, E.; BARRETT, D.M. Preservative treatments for fresh-cut fruits and vegetables. In: LAMIKANRA, O. **Fresh-cut fruits and vegetable**. Florida: CRC PRESS, 2002. cap. 13. p.268-303.
- GOMES, M.R.A.; OLIVEIRA, M.G.; ALMEIDA, A.; CARNEIRO, G.E.S.; BARROS, E.G.; MOREIRA, M.A. Propriedades físico-químicas de polifenoloxidase de feijão. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.21, n.1, p.69-72, 2001.
- HUANG, H.; XU, J. The developmental patterns of fruit tissues and their correlative relationships in *Litchi chinensis* Sonn. **Scientia Horticulturae**, Netherlands, v.19, n.3/4, p.335-342, 1983.

HUANG, X.M. **Lychee production in China**. In: PAPADEMETRIOU, M.K.; DENT, J.F. (Ed.). *Lychee Production in the Asia-Pacific Region*. Bangkok, Thailand: Food and Agricultural Organization of the United Nations, 2002. p.41-54.

HYODO, H.; TANAKA, K.; SUZUKI, T.; Wound induced ethylene synthesis and its involvement in enzyme induction in mesocarp tissue of *Curcubita maxima*. **Postharvest Biological and Technology**, Amsterdam, v.1, n.3, p.127-136, 1991.

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

JIANG, Y.M.; FU, J.R. Post-harvest browning of litchi fruit by water loss and its prevention by controlled atmosphere storage at high relative humidity. **Lebensmittel-Wissenschaft Technologie**, Oxford, v.32, p.278-283, 1999.

JIANG, Y.M.; WANG, Y.; SONG, L.; LIU, H.; LICHTER, A.; KERDCHOECHUEN, O.; JOYCE, D.C.; SHI, J. Postharvest characteristics and handling of litchi fruit – an overview. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, Sydney, v.46, p.1541-1556, 2006.

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

JONES, H.D. Phenylalanine ammonia lyase: regulation of its induction, and its role in plant development. **Phytochemistry**, New York, v.23, n.1, p.1349-1355, 1984.

KADER, A.A. **Lychee: Recommendations for Maintaining Postharvest Quality**. University of California, Postharvest Technology Research & Information Center, 2008. Disponível em: <<http://rics.ucdavis.edu/postharvest2/Produce/ProduceFacts/Fruit/lychee.shtml>>. Acesso em: 7 nov. 2008.

KETSA, S.; ATANTEE, S. Phenolics, lignin, peroxidase activity and increased firmness of mangosteen fruit after impact. **Postharvest Biological and Technology**, Amsterdam, v.14, n.4, p.117-124, 1998.

LEE, H.; WICKER, L. Anthocyanin pigments in the skin of lychee fruit. **Journal of Food Science**, New York, v.56, p.466-468, 1991.

LIN, Z.F.; LI, S.S.; ZHANG, D.L.; LIU, S.X.; LI, Y.B.; LI, G.Z.; CHEN, M.D. The changes of oxidation and peroxidation in postharvest litchi fruit. **Acta Botanica Sinica**, China, v.30, p.383-387, 1988.

LÓPEZ-SERRANO, M.; RÓS-BARCELO, A. Peroxidase in unripe and processing strawberries. **Food Chemistry**, Guildford, v.52, n.2, p.157-160, 1995.

PAULL, R.E.; CHEN, N.J. Effect of storage temperature and wrapping on quality characteristics of litchi fruit. **Scientia Horticulturae**, Netherlands, v.33, n.3/4, p.223-236, 1987.

PENG, Y.H.; CHENG, W.; SHI, H.P. Effects of hot water combined with acid dip on pericarp pigments and enzyme activity of litchi (*Litchi chinensis* Sonn.). **Journal Fruit Science**, China, v.16, n.2, p.92-97, 1999.

ROBINSON, D.S. Peroxidases and Catalases in foods. In: ROBINSON, D.S.R.; ESKIN, N.A.M. (Ed.). **Oxidative enzymes in foods**. London: Elsevier Applied Sciences, 1991. p.1-47.

SAS INSTITUTE, INC. **The SAS System for Windows** – Release 8,02. Cary, NC, 1998.

SUBRAMANIAN, N.; VENKATESH, P.; GANGULI, S.; SINKAR, V.P. Role of polyphenol oxidase and peroxidase in the generation of black tea theaflavins. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, Washington, v.47, n.7, p.2571-2578, 1999.

SUN, G.C.; LIN, Z.F.; LIN, G.Z.; CHEN, F.; LIU, S.X. The changes of activities of some enzymes in litchi fruits stored in different concentration of oxygen. **Guihaia**, China, v.12, p.36-40, 1992.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. Porto Alegre: Artmed, 2009. 848p.

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

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

WILEY, R.C. **Minimally processed refrigerated fruits and vegetables**. New York: Chapman & Hall, 1994. 368p.

ZHANG, D.; QUANTICK, P.C. Effects of chitosan coating on enzymatic browning and decay during post-harvest storage of litchi (*Litchi chinensis* Sonn.) fruit. **Postharvest Biology and Technology**, Netherlands, v.12, p.195-202, 1997.

ZHANG, D.L.; LI, Y.B.; LIU, S.X.; CHEN, F.; CHEN, M.D. Effect of enzyme activity on postharvest litchi peel by discontinuity cold storage. **China Fruit**, China, v.2, p.25-27, 1991.

7 EFEITO DO PRÉ-RESFRIAMENTO SOBRE A QUALIDADE DE LICHIA 'B3' REFRIGERADA

Resumo

Este experimento visou estudar o efeito de diferentes temperaturas de pré-resfriamento com água sobre lichias 'B3' frigoconservadas. Os tratamentos foram: T1 = controle (sem pré-resfriamento); T2 = imersão por 5 minutos em água a 2,5°C; T3 = imersão por 10 minutos em água a 2,5°C; T4 = imersão por 20 minutos em água a 2,5°C; T5 = imersão por 7 minutos em água a 6°C; T6 = imersão por 20 minutos em água a 8°C e T7 = imersão por 10 minutos em água a 10°C. Após a aplicação dos respectivos tratamentos, os frutos foram acondicionados em filmes de polietileno de 24µm, selados, e posteriormente armazenados a 5°C e 90% UR, por um período de 7 dias (+3 dias de comercialização simulada a 20°C e 70% UR). O delineamento experimental foi inteiramente ao acaso, com esquema fatorial de 7 x 3 (tratamentos x tempo). Foram utilizadas quatro repetições por tratamento, sendo cada uma composta por 150g de frutos. Determinou-se: perda de massa fresca, coloração (L^* , a e b), escurecimento (%) e podridões (%). O pré-resfriamento das lichias com água auxilia na minimização da perda da qualidade destes frutos, ao reduzir a percentagem de escurecimento, o decréscimo da luminosidade (L^*) e os valores de a . Por outro lado, este tratamento favorece o surgimento de altos índices de podridão.

Palavras-chave: *Litchi chinensis* Sonn.; Refrigeração; Câmara fria; Calor de campo

EFFECT OF PRECOOLING ON QUALITY OF 'B3' LYCHEE FRUIT COLD STORED

Abstract

This project studied the effects of the different precooling temperatures with water on lychee 'B3' fruit quality cold storage. T1 = control (without precooling); T2 = immersed in water at 2.5°C for 5 minutes; T3 = immersed in water at 2.5°C for 10 minutes; T4 = immersed in water at 2.5°C for 20 minutes; T5 = immersed in water at 6°C for 7 minutes; T6 = immersed in water at 8°C for 20 minutes and T7 = immersed in water at 10°C for 10 minutes, were treatments. After treatments application, the fruits were then placed into polyethylene bags of 24 µm, sealed, and stored for 7 days at 5°C and 90% RH, more 3 days at 20°C and 70% RH to simulate commercial conditions. Completely randomized experimental design, with factorial 7 x 3 (treatments x time). Were used four replicates for treatment, approximately 150g. Weight loss, color (L^* , a and b), browning (%) and rots (%) were evaluated. The lychee precooling with water aids in the minimization of the loss of the fruit qualities, when reducing the browning percentage, the decrease of the brightness (L^*) and the values of a . On the other hand, this treatment also resulted in a higher percentage of rots.

Keywords: *Litchi chinensis* Sonn.; Cooling; Cold chambers; Field heat

7.1 Introdução

Para poder aumentar a vida útil de frutas, são empregados métodos e tratamentos que diminuem a intensidade da respiração aeróbica, diminuem a população microbiana, reduzem a perda de umidade pelos tecidos, minimizam os danos mecânicos, inibam ou retardem a ação das enzimas e as reações de descoloração, e atrasem o amadurecimento e a senescência (WILEY, 1994; HOLCROFT; MITCHAM, 1996; JIANG et al., 2004).

A vida útil do fruto durante o armazenamento varia inversamente com a taxa de evolução do calor produzido. Portanto, a diminuição da temperatura do produto vegetal logo após a colheita é fundamental para reduzir a respiração, a produção de etileno e a transpiração, principais fatores da deterioração fisiológica do vegetal.

O pré-resfriamento é a primeira etapa no manuseio da temperatura. A maior parte dos ambientes refrigerados não possui, nem capacidade de refrigeração, nem movimento de ar necessário para um resfriamento rápido. Conseqüentemente, o pré-resfriamento é, em geral, uma operação separada, que requer equipamentos e/ou recintos especiais. Tem por finalidade a remoção rápida do calor do campo dos produtos recém colhidos (calor vital e calor do campo), antes do armazenamento, processamento ou transporte para locais distantes. Quando realizado de modo adequado, reduz a incidência de doenças e retarda a perda de frescor e de qualidade, porque inibe o crescimento de microrganismos, restringe as atividades enzimáticas e respiratória, inibe a perda de água e reduz a produção de etileno pelo produto (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

Mediante o exposto, este experimento objetivou determinar os efeitos do pré-resfriamento com água sobre a conservação refrigerada de lichia ‘B3’.

7.2 Desenvolvimento

7.2.1 Revisão Bibliográfica

Os produtos hortícolas são, em geral, colhidos a uma temperatura superior à recomendada para armazenagem, fazendo-se necessário sua passagem por um processo de resfriamento rápido (ASHRAE, 1998). Deste modo, o objetivo principal do resfriamento rápido dos produtos após a colheita, antes ou depois de serem embalados, e antes de serem armazenados ou transportados, é eliminar o “calor de campo” tão rapidamente quanto possível, a fim de prevenir a deterioração

dos vegetais mais perecíveis. Quanto mais rápido este procedimento for realizado, por mais tempo o produto poderá ser mantido em boas condições de comercialização.

O resfriamento é fortemente afetado pela temperatura inicial do produto e esta pelo horário e condições no momento da colheita e pelo tempo de espera antes do resfriamento. Muitas vezes, o produto é colhido pela manhã, mas se aquece no campo ou no galpão de embalagem no decorrer do dia (CORTEZ; HONÓRIO; MORETTI, 2002).

Existem diferentes métodos de resfriamento rápido, como por exemplo: resfriamento rápido por ar, com água, com gelo (na embalagem) e pelo vácuo.

No que diz respeito ao método de resfriamento rápido por água gelada, tem-se que um filme de água gelada flui rápida e uniformemente sobre a superfície do produto, que está mais quente que a água, a temperatura desta superfície torna-se igual à temperatura da água. Neste processo, o produto hortícola é resfriado com água gelada por imersão, lavagem ou aspersão (CORTEZ; HONÓRIO; MORETTI, 2002). A maior capacidade da água em extrair calor faz que este seja um método muito mais rápido que o resfriamento rápido por ar.

Dentre os produtos hortícolas que são freqüentemente resfriados por água gelada, podem-se citar: maçã, milho, cenoura, aipo, rabanete, pêsego, cereja, melão e lichia. Os produtos que podem ser resfriados com água devem ser tolerantes ao contato e aos níveis de cloro na água tratada.

Devido à sua simplicidade, economia e eficiência, este método de resfriamento é muito popular nos Estados Unidos e no Canadá. Pode ser um método rápido e eficiente, quando dimensionado e utilizado de maneira correta. Duas vantagens deste método são: o produto não perder umidade durante o processo de resfriamento e o menor tempo para alcançar a temperatura almejada dentro do produto, em comparação, por exemplo, ao resfriamento por ar forçado.

Em lichia recomendam-se os seguintes métodos de resfriamento rápido: ar forçado a 5°C por 4 horas; água gelada a 4°C por 10 a 20 minutos, sendo este último método o mais usado. Porém, uma vez removido do armazenamento refrigerado e colocado no ambiente, os frutos podem deteriorar-se rapidamente (JIANG et al., 2003; KLEINMEULMAN, 2000; MENZEL et al., 2002; MENZEL; WAITE; 2005).

7.2.2 Material e Métodos

O experimento foi desenvolvido no Postharvest Laboratory, Horticulture and Forestry Sciences, pertencente ao Department of Primary Industries and Fisheries (DPI & F), Maroochy Research Station, cidade de Nambour, estado de Queensland, na Austrália.

Lichias ‘Bosworth 3’ ou, comumente chamadas, ‘B3’ ou ‘Kwai May Pink’, foram adquiridos de um produtor da região de Pomona, Queensland, Austrália, localizada a 26° 29’ de latitude Sul, 152° 37’ de longitude Oeste e 260 m de altitude. Imediatamente após a colheita, os frutos foram transportados até o laboratório, onde, foram selecionados quanto à firmeza, ausência de danos mecânicos e podridões visíveis.

Aplicaram-se os seguintes tratamentos aos frutos: T1 = sem tratamento (retirados diretamente das caixas provenientes de campo); T2 = imersão por 5 minutos em água destilada a 2,5°C (temperatura da polpa = 7,5°C); T3 = imersão por 10 minutos em água destilada a 2,5°C (temperatura da polpa = 4°C); T4 = imersão por 20 minutos em água destilada a 2,5°C (temperatura da polpa = 2,8°C); T5 = imersão por 7 minutos em água destilada a 6°C (temperatura da polpa = 8,5°C); T6 = imersão por 20 minutos em água destilada a 8°C (temperatura da polpa = 8,5°C); e, T7 = imersão por 10 minutos em água destilada a 10°C (temperatura da polpa = 10,6°C).

A temperatura inicial da polpa dos frutos foi de 22°C. Os tratamentos foram aplicados em máquinas especiais, desenhadas para o pré-resfriamento de lichias com água, contendo 100 ppm de cloro ativo, dentro de uma linha de beneficiamento destes frutos. A temperatura da água utilizada para o pré-resfriamento da polpa foi monitorada por um equipamento contendo uma bateria de 12 termômetros com terminações em forma de agulhas, marca A.M.S. TECHNICAL SERVICES PTY L.T.D., modelo NEWPORT °C, este equipamento permitiu ter leitura simultânea dos 12 termômetros que estavam sendo utilizados ao momento da instalação de cada tratamento.

Após a aplicação dos tratamentos, os frutos foram colocados em filmes de polietileno de 24µm, selados, sendo posteriormente armazenados em câmara fria a 5°C ($\pm 1^\circ\text{C}$) e 90%UR ($\pm 5\% \text{UR}$), por um período de 7 dias, mais 3 dias de simulação de comercialização a 20°C e 70%UR ($\pm 5\% \text{UR}$). As avaliações ocorreram no momento de instalação do experimento (dia 0), ao final do período de armazenamento refrigerado a 5°C (dia 7) e ao final da simulação de comercialização a 20°C (dia 10).

O delineamento experimental foi inteiramente ao acaso com arranjo fatorial 7 x 3 (sete tratamentos e três períodos de armazenamento, incluindo o tempo zero). Foram utilizadas quatro repetições, constando cada uma de 150g de fruto por tratamento.

As seguintes variáveis foram determinadas:

a) Perda de massa fresca: determinou-se por diferença, em %, entre a massa inicial e final da repetição.

b) Coloração: foi utilizado um colorímetro marca Minolta, com iluminante D65, determinaram-se os valores de L^* , a e b . As leituras foram realizadas diretamente sobre o pericarpo dos frutos.

c) Percentagem de Escurecimento: Utilizou-se a seguinte escala: a. < 10% (percentagem de frutos de cada repetição, que apresentavam < 10% de escurecimento do seu pericarpo); b. 10-25%; c. 25-50%; d. 50-75% e e. 75-100%.

d) Percentagem de Podridões: Por observação visual, determinou-se o número de frutos afetados por podridões visíveis, sendo os resultados expressos em %.

Os resultados obtidos foram analisados pelo programa SAS Institute (1998), sendo submetidos à análise de variância (teste F) e comparação de médias pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

7.2.3 Resultados e Discussão

Os frutos tiveram, em média, perda de massa fresca de 1,1%, ao longo do experimento (Figura 48), o que se encontra dentro de valores aceitáveis de perda de massa fresca na pós-colheita de vegetais ao longo do armazenamento refrigerado e posterior período de comercialização.

A transpiração é o processo mediante o qual o vapor de água dos tecidos é transferido ao ar circundante. A transpiração é um dos principais processos que afetam a qualidade e a vida de prateleira das frutas e hortaliças na pós-colheita. A perda de água influi na aparência, textura e massa do produto, e em alguns casos, no sabor. A maior parte das frutas e hortaliças perde seu valor comercial quando a perda de água excede 3-10% a massa fresca da colheita. Em tomate, a perda máxima permissível é de 7%, já, em cebola e alho é de 10% (LOPEZ-CAMELO, 1992).

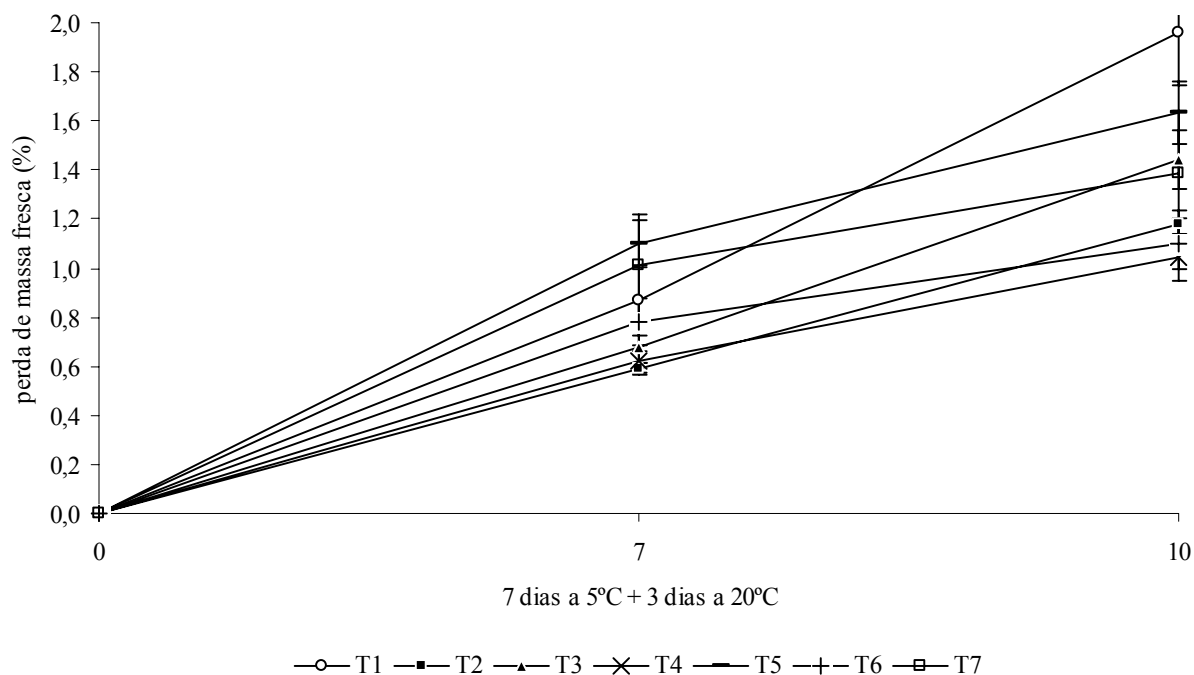


Figura 48 - Perda de massa fresca (%) de lichia 'B3' submetida a diferentes temperaturas e tempos de pré-resfriamento. T1 = sem tratamento; T2 = imersão por 5 min. em água a 2,5°C; T3 = imersão por 10 min. em água a 2,5°C; T4 = imersão por 20 min. em água a 2,5°C; T5 = imersão por 7 min. em água a 6°C; T6 = imersão por 20 min. em água a 8°C e T7 = imersão por 10 min. em água a 10°C. Barras verticais representam o erro padrão da média ($n=4$)

As podridões variaram entre 18 e 31% (Figura 49), dependendo do tratamento. As percentagens obtidas neste experimento foram superiores à percentagem máxima de podridões tidas como limite dentro da comercialização deste fruto, no mercado varejista da Austrália, que gira ao redor de 10%, onde se realizou o presente experimento. Estes resultados direcionam à necessidade de pesquisas na área de controle das podridões na pós-colheita de lichia, sendo que, atualmente, não existe nenhum produto comercial registrado no Brasil ou na Austrália, que seja utilizado para controlar doenças na pós-colheita destes frutos.

Percentagens de podridões de 12,8% foram observados por Jiang et al. (2006) em lichias pré-resfriadas com água e armazenadas a 5°C por 20 dias. Tais resultados, inferiores aos obtidos no presente experimento, devem-se a que os frutos foram imediatamente avaliados na saída da câmara fria.

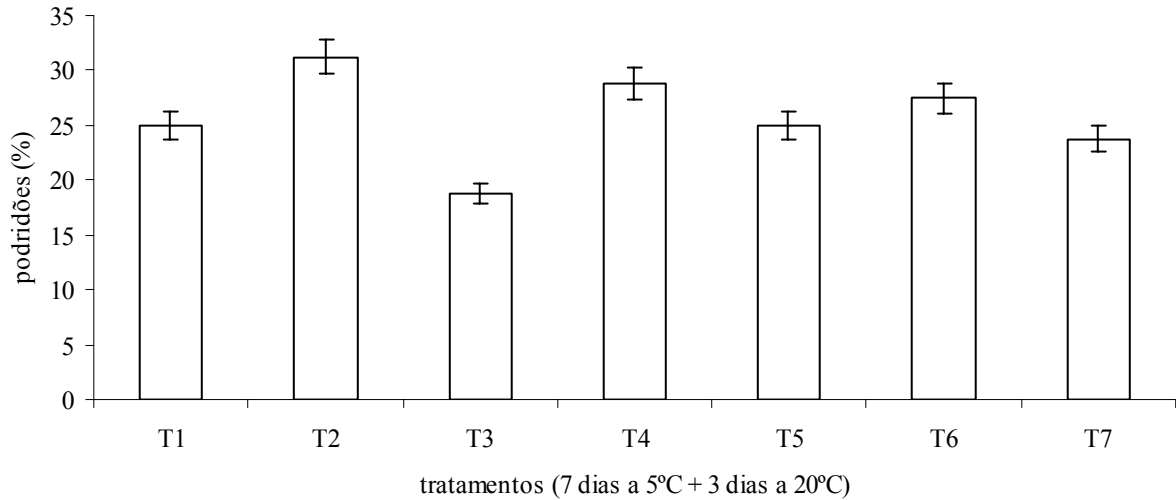


Figura 49 - Percentagem de podridões (%) de lichia 'B3' submetida a diferentes temperaturas e tempos de pré-resfriamento. T1 = sem tratamento; T2 = imersão por 5 min. em água a 2,5°C; T3 = imersão por 10 min. em água a 2,5°C; T4 = imersão por 20 min. em água a 2,5°C; T5 = imersão por 7 min. em água a 6°C; T6 = imersão por 20 min. em água a 8°C e T7 = imersão por 10 min. em água a 10°C. Barras verticais representam o erro padrão da média ($n=4$)

Resultados similares, já, haviam sido observados, por Holcroft e Mitchan (1996), quanto ao rápido desenvolvimento de podridões em lichia tratados com pré-resfriamento com água gelada e armazenados a baixa temperatura, quando colocados a temperatura ambiente.

De modo geral, técnicas utilizadas no manejo pós-colheita em si não melhoram a qualidade do produto, apenas podem retardar os processos deteriorativos, que são irreversíveis. Esse retardamento ocorre pela redução da velocidade da perda de água ou transpiração, do processo de respiração e dos decorrentes de podridões que danificam o produto (ARAUJO, 2000).

Nas Figuras 50, 51 e 52 são apresentadas as percentagens de escurecimento do pericarpo dos frutos, ao início do experimento, na saída da câmara fria (5°C) e na saída da câmara (simulação de comercialização a 20°C), respectivamente. Observa-se na Figura 50, a excelente qualidade destes frutos, ao apresentarem faixas de percentagens de escurecimento muito baixas.

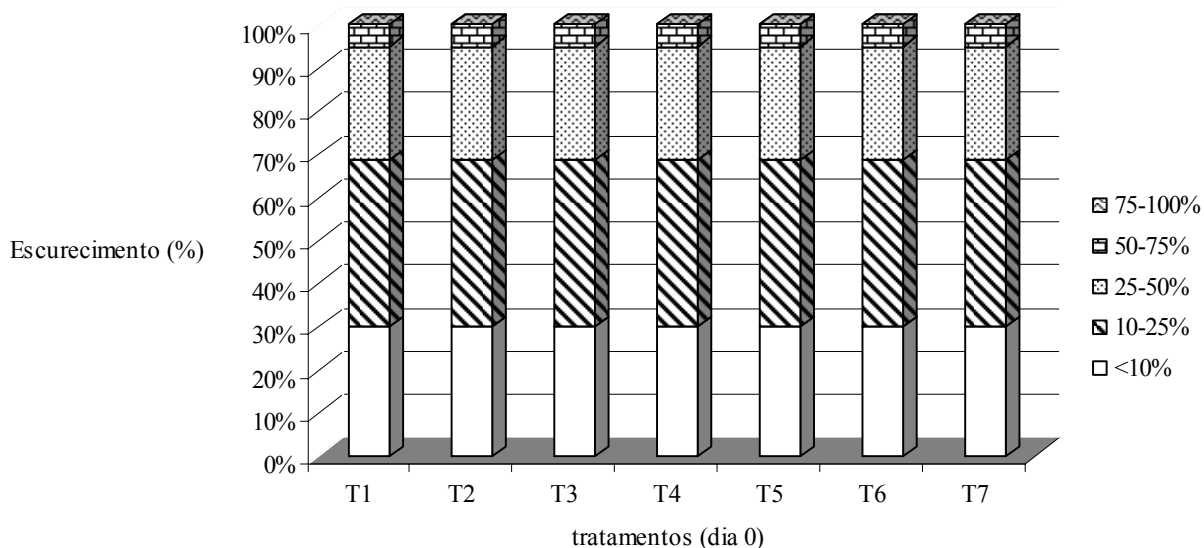


Figura 50 - Percentagem de escurecimento (%) de lichia 'B3' submetida a diferentes temperaturas e tempos de pré-resfriamento ao início do experimento. T1 = sem tratamento; T2 = imersão por 5 min. em água a 2,5°C; T3 = imersão por 10 min. em água a 2,5°C; T4 = imersão por 20 min. em água a 2,5°C; T5 = imersão por 7 min. em água a 6°C; T6 = imersão por 20 min. em água a 8°C e T7 = imersão por 10 min. em água a 10°C

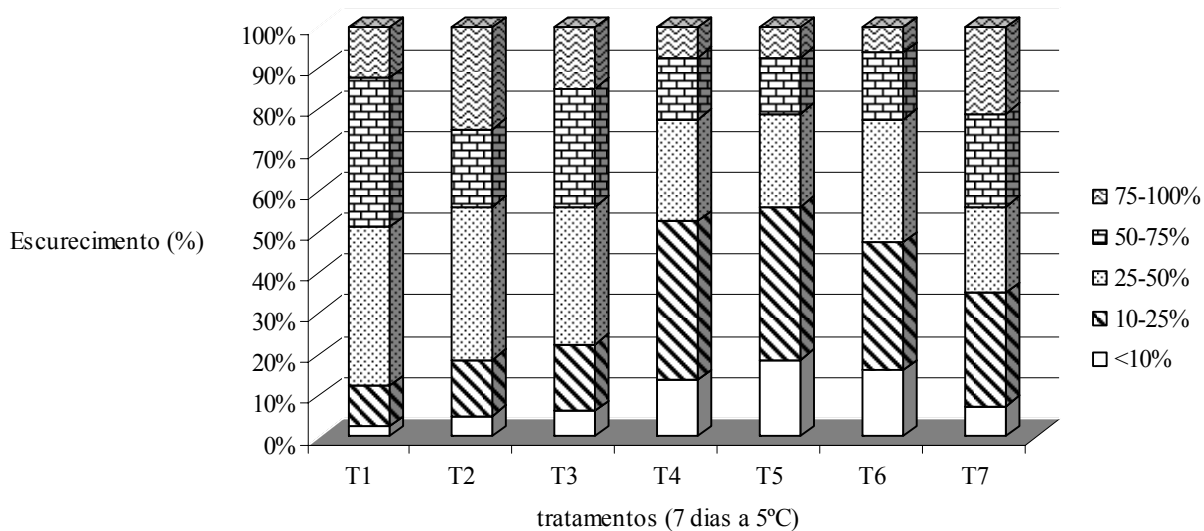


Figura 51 - Percentagem de escurecimento (%) de lichia 'B3' submetida a diferentes temperaturas e tempos de pré-resfriamento na saída do armazenamento refrigerado. T1 = sem tratamento; T2 = imersão por 5 min. em água a 2,5°C; T3 = imersão por 10 min. em água a 2,5°C; T4 = imersão por 20 min. em água a 2,5°C; T5 = imersão por 7 min. em água a 6°C; T6 = imersão por 20 min. em água a 8°C e T7 = imersão por 10 min. em água a 10°C

Ao 7º dia de experimentação, na saída dos frutos do armazenamento refrigerado, houve avanço do escurecimento do pericarpo dos frutos, sendo que neste dia, os tratamentos correspondentes a T4, T5, T6 e T7 (imersão por 20 min. em água a 2,5°C; imersão por 7 min. em água a 6°C; imersão por 20 min. em água a 8°C; e, imersão por 10 min. em água a 10°C, respectivamente), apresentaram menores faixas de escurecimento em comparação aos demais tratamentos (Figura 51).

Ao final do experimento, no 10º dia (+3 dias de comercialização simulada a 20°C), a percentagem de escurecimento de todos os tratamentos aumentou, sendo que o tratamento controle apresentou percentagens de escurecimento mais altas em comparação aos demais tratamentos (Figura 52).

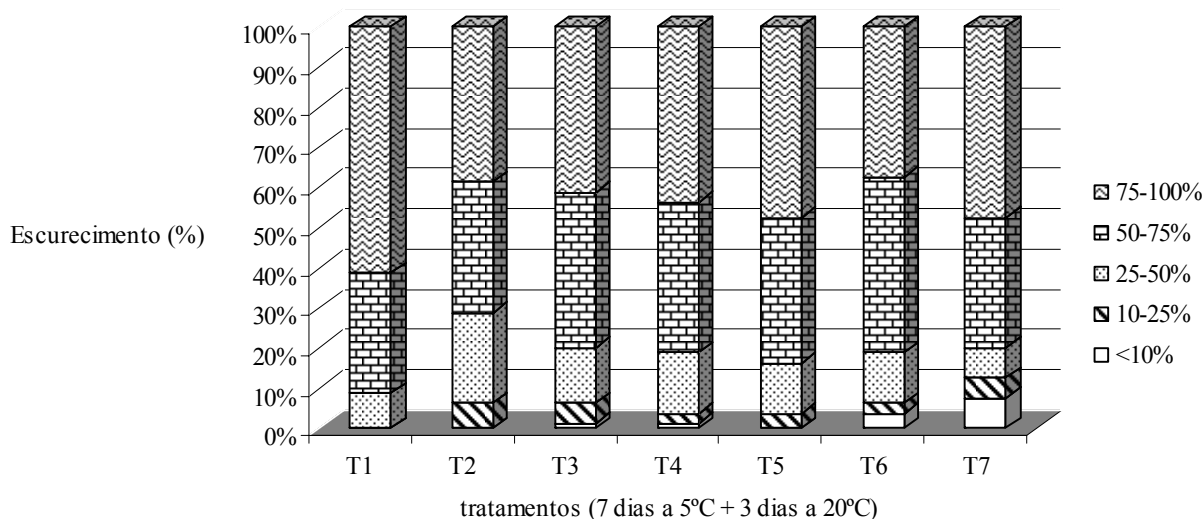


Figura 52 - Percentagem de escurecimento (%) de lichia 'B3' submetida a diferentes temperaturas e tempos de pré-resfriamento após armazenamento refrigerado e comercialização simulada. T1 = sem tratamento; T2 = imersão por 5 min. em água a 2,5°C; T3 = imersão por 10 min. em água a 2,5°C; T4 = imersão por 20 min. em água a 2,5°C; T5 = imersão por 7 min. em água a 6°C; T6 = imersão por 20 min. em água a 8°C e T7 = imersão por 10 min. em água a 10°C

Analisando os resultados da luminosidade (L^*), foi verificado que o tratamento controle (sem pré-resfriamento) apresentou valores significativamente inferiores no 7º e 10º dia de experimentação, em comparação aos demais tratamentos, o que nos indica que este tratamento, apresentou um escurecimento no pericarpo do fruto de forma mais acelerada (Figura 53).

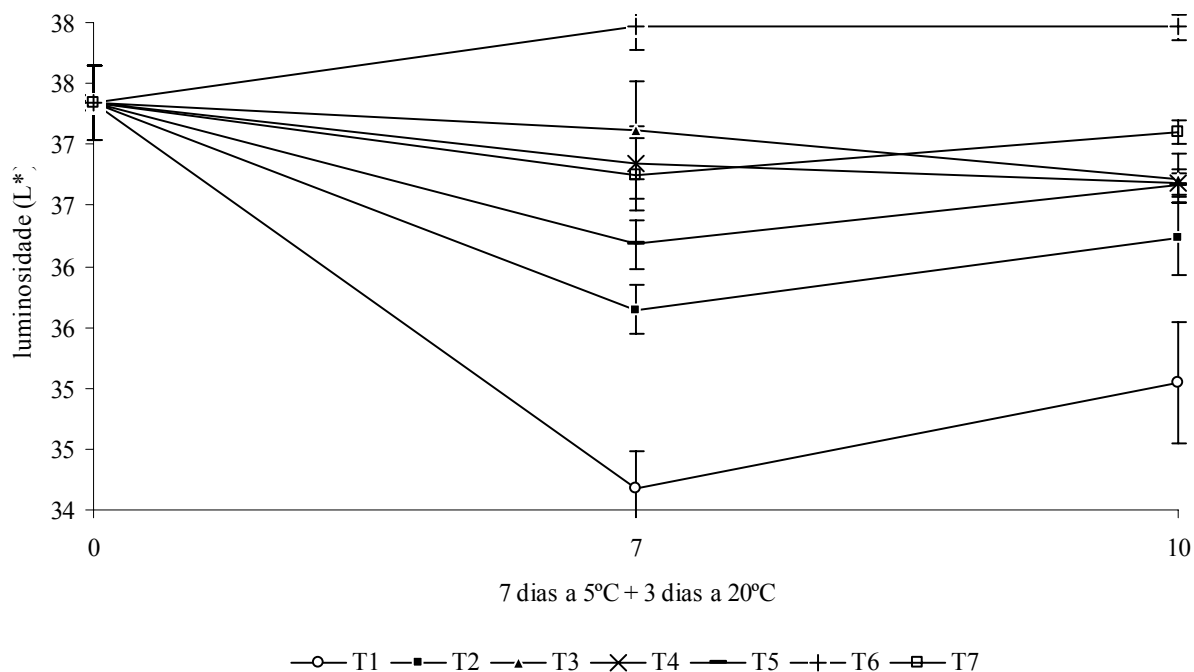


Figura 53 - Luminosidade (L^*) de lichia 'B3' submetida a diferentes temperaturas e tempos de pré-resfriamento. T1 = sem tratamento; T2 = imersão por 5 min. em água a 2,5°C; T3 = imersão por 10 min. em água a 2,5°C; T4 = imersão por 20 min. em água a 2,5°C; T5 = imersão por 7 min. em água a 6°C; T6 = imersão por 20 min. em água a 8°C e T7 = imersão por 10 min. em água a 10°C. Barras verticais representam o erro padrão da média ($n=4$)

Os valores de a nos indicam dois extremos de cor, vermelho e verde, sendo os valores mais altos e positivos mais próximos à cor vermelha, e os valores contrários ficam mais próximo de verde. Na Figura 54, apresentam-se os resultados desta variável resposta nos frutos submetidos aos diferentes tratamentos, sendo que, de maneira geral, observa-se um decréscimo destes valores, com o avanço dos dias de armazenamento e posterior período de simulação da fase de comercialização; entretanto os frutos do tratamento controle apresentaram os menores valores de a no 7º e no 10º dia de avaliação. O tratamento 7, relativo a imersão dos frutos por 10 minutos em água a 10°C, apresentaram o maior valor de a ao final do experimento.

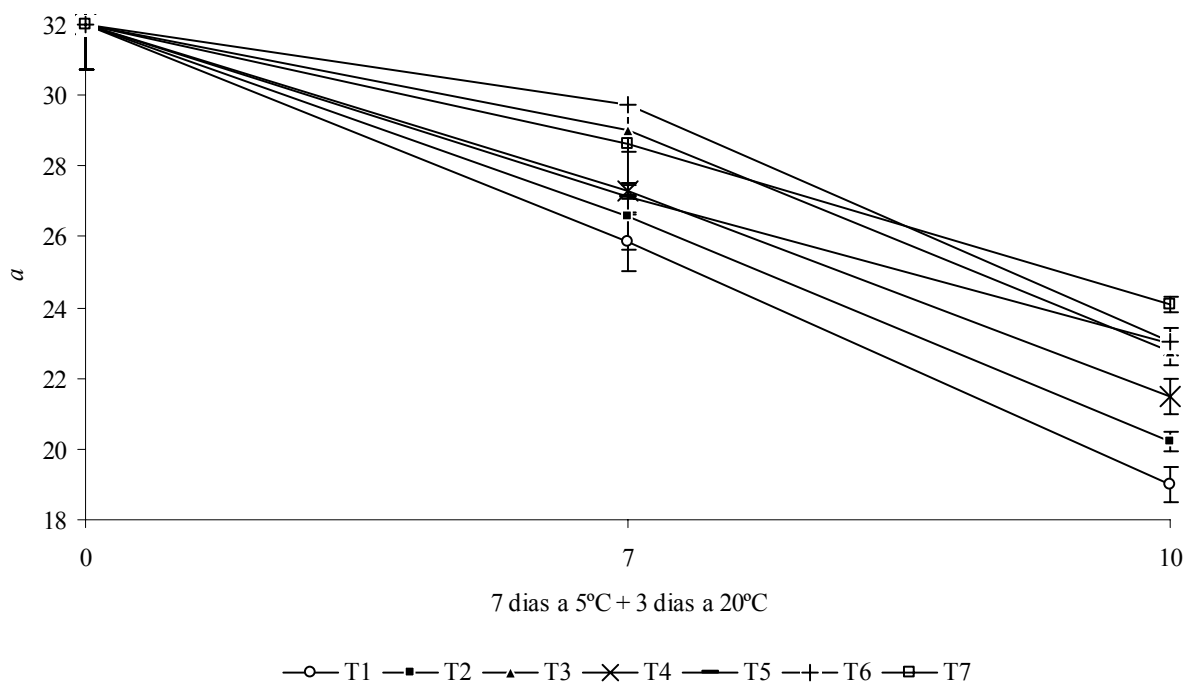


Figura 54 - Valores de a de lichia “B3” submetida a diferentes temperaturas e tempos de pré-resfriamento. T1 = sem tratamento; T2 = imersão por 5 min. em água a 2,5°C; T3 = imersão por 10 min. em água a 2,5°C; T4 = imersão por 20 min. em água a 2,5°C; T5 = imersão por 7 min. em água a 6°C; T6 = imersão por 20 min. em água a 8°C e T7 = imersão por 10 min. em água a 10°C. Barras verticais representam o erro padrão da média (n=4)

Os valores de b são apresentados na Figura 55, onde se observa que os frutos do tratamento controle apresentaram, também, os menores valores de b no 7º e 10º dia de avaliação do experimento. Este parâmetro avalia a mudança da coloração dos frutos entre as cores amarela e azul.

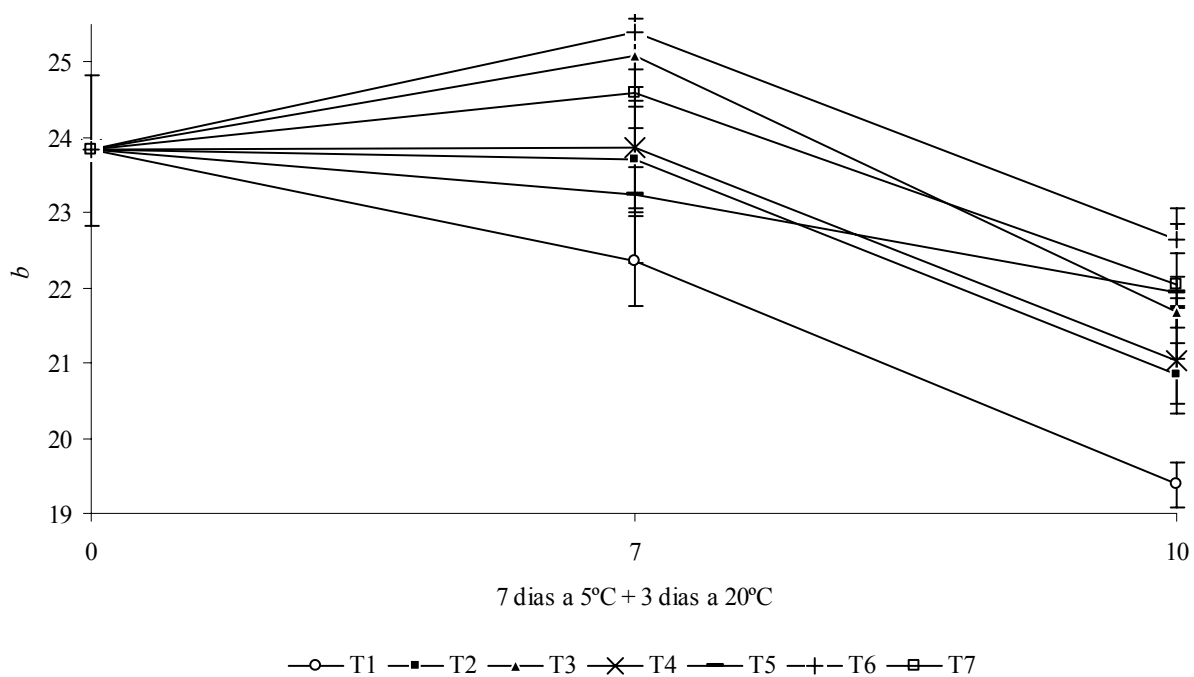


Figura 55 - Valores de b de lichia “B3” submetida a diferentes temperaturas e tempos de pré-resfriamento. T1 = sem tratamento; T2 = imersão por 5 min. em água a 2,5°C; T3 = imersão por 10 min. em água a 2,5°C; T4 = imersão por 20 min. em água a 2,5°C; T5 = imersão por 7 min. em água a 6°C; T6 = imersão por 20 min. em água a 8°C e T7 = imersão por 10 min. em água a 10°C. Barras verticais representam o erro padrão da média ($n=4$)

7.3 Conclusão

Nas condições deste experimento, conclui-se que o pré-resfriamento da lichia ‘B3’ com água auxilia na minimização da perda de qualidade destes frutos, mas favorece o surgimento de altos índices de podridões.

Referências

- ARAUJO, C. **Produção e perda de peso pós-colheita da cenoura ‘Brasília’, considerando doses de fósforo e de cama-de-frango de corte semi-decomposta**. 2000. 62p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande, 2000.
- ASHRAE - American society of heating, refrigerating, and air-conditioning engineers. methods of precooling fruits, vegetables, and cut flowers. In: ASHRAE. **Refrigeration systems and applications handbook**. Atlanta: American Society of Heating, Refrigerating, and Air-Conditioning Engineers, 1998. Chap. 14.
- CHITARRA, M.I.; CHITARRA, A.B. **Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio**. Lavras: ESAL/FAEPE, 2005. 535p.
- CORTEZ, L.A.B.; HONÓRIO, S.L.; MORETTI, C.L. **Resfriamento de frutas e hortaliças**. Brasília: EMBRAPA Informação Tecnológica, 2002. 428p.
- HOLCROFT, D.M.; MITCHAM, E.J. Postharvest physiology and handling of litchi (*Litchi chinensis* Sonn.). **Postharvest Biology and Technology**, Netherlands, v.9, p.265-281, 1996.
- JIANG, Y.; DUAN, X.; JOYCE, D.; ZHANG, Z.; LI, J. Advances in understanding of enzymatic browning in harvested litchi fruit. **Food Chemistry**, London, v.88, p.433-446, 2004.
- JIANG, Y.M.; WANG, Y.; SONG, L.; LIU, H.; LICHTER, A.; KERDCHOECHUEN, O.; JOYCE, D.C.; SHI, J. Postharvest characteristics and handling of litchi fruit – an overview. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, Sydney, v.46, p.1541-1556, 2006.
- JIANG, Y.; YAO, L.; LICHTER, A.; LI, J. Postharvest biology and technology of litchi fruit. **Food, Agriculture & Environment**, Finland, v.1, n.2, p.76-81, 2003.
- KLEINMEULMAN, P. **The use of wax coatings for the prevention of pericarp browning in ‘Kwai May Pink’ lychee (*Litchi chinensis* Sonn.)**. 2000. 37p. Thesis (Bachelor of Applied Science) – School of Agriculture and Horticulture, University of Queensland, Gatton, 2000.
- LOPEZ-CAMELO, A.F. **Producción, poscosecha, procesamiento y comercialización de ajo, cebolla y tomate**. Santiago de Chile: FAO, 1992. 413p.
- MENZEL, C.M.; WAITE, G.K. **Litchi and Longan: Botany, Production and Uses**. UK: CABI Publishing, 2005. 305p.
- MENZEL, C.M.; BAGSHAW, J.; CAMPBELL, T.; GREER, N.; NOLLER, J.; OLESEN, T.; WAITE, G. **Lychee information kit**. Queensland: Agrilink DPI & F, 2002. 246p.

SAS INSTITUTE, INC. **The SAS System for Windows** – Release 8,02. Cary, NC, 1998.

WILEY, R.C. **Minimally processed refrigerated fruits and vegetables**. New York: Chapman & Hall, 1994. 368p.

8 CONSIDERAÇÕES GERAIS

Nos estudos sobre conservação pós-colheita de lichia 'Bengal' inferiram-se as seguintes considerações gerais:

Os dois principais problemas após a colheita da lichia são o escurecimento enzimático do pericarpo e as doenças pós-colheita.

As operações de colheita e pós-colheita destes frutos têm que ser feitas no menor tempo possível, por exemplo, colher nas primeiras horas da manhã evitando as horas mais quentes do dia e imediatamente beneficiar os frutos, se possível no mesmo dia em que foi realizada a colheita, o fruto, já, deve estar sendo transportado ou ter sido entregue no seu destino final. Todo este cuidado faz-se necessário devido à rápida perda da coloração vermelha do pericarpo (casca), uma vez que o atrativo ao consumidor é, justamente, a cor vermelha.

Nas condições do Brasil, onde não se tem, até o momento, a utilização do frio na pós-colheita da lichia, a vida útil destes frutos varia de 1 a 5 dias.

Assim, para aumentar a vida de prateleira destes frutos faz-se necessária a adoção da utilização do frio, iniciando-se pela técnica do resfriamento rápido, com a qual pode se aumentar a vida comercial dos frutos de lichia a pelo menos 15 dias. Entretanto, com a utilização desta técnica, a partir do uso de água gelada, deve-se atentar a um obstáculo ainda a ser superado: a proliferação de doenças nos frutos após a remoção destes do frio.

As temperaturas de 0°C e 5°C podem ser utilizadas para a estocagem destes frutos a umidades relativas do ar da câmara fria próximas a 90%. Porém, devido a controvérsias enquanto à presença de dano por frio nas lichias armazenadas a 0°C, o que não foi estudado na presente tese, sugere-se a utilização da temperatura de armazenamento de 5°C e 90% UR; até que estudos posteriores feitos no Brasil, nos demonstrem a conveniência ou não da utilização da estocagem destes frutos a 0°C.

A respiração dos frutos não somente é reduzida pela diminuição da temperatura, mas também, pela utilização de certos antioxidantes, recobrimentos e/ou ceras e cálcio, sendo neste último caso a redução da respiração dos frutos diretamente proporcional à concentração de cálcio utilizada.

A utilização de uma barreira à perda de umidade ao longo do armazenamento da lichia é indispensável, também, para a manutenção da qualidade destes frutos, sendo que os filmes de

PVC de 12, 14 ou 17 μ m de espessura e embalagens PET, podem ser utilizados para esta finalidade.

As enzimas PAL, PPO e POD estão envolvidas direta ou indiretamente no processo de escurecimento enzimático do pericarpo destes frutos, mas as respostas destas enzimas aos diferentes tratamentos nesta tese e em outras pesquisas existentes até o momento são ainda contraditórias; não se tendo um padrão de resposta da atividade das enzimas em função de um determinado tratamento, padrão de resposta observado, por exemplo, quando avaliamos a respiração destes frutos em diferentes temperaturas de armazenamento.

Mediante os experimentos desenvolvidos, sugere-se, que a lichia seja rapidamente pré-resfriada, posteriormente, seja embalada em bandejas envoltas com filme de PVC de 12, 14 ou 17 μ m de espessura ou acondicionada em embalagens PET, e armazenada a 5°C e 90% UR, por um período de até 15 dias. Ressaltando, também, que o uso do frio nestes frutos tem que ser obrigatoriamente utilizado durante a fase de comercialização nos supermercados e não somente durante o beneficiamento, a estocagem e/ou transporte dos mesmos.

ANEXOS



Figura 56 - Lichieira 'Bengal' com 2 anos. Limeira/SP



Figura 57 - Lichieira 'Bengal' com 10 anos. Limeira/SP



Figura 58 - Lichieiras 'Tai So' recobertas. Austrália



Figura 59 - Brotação da lichieira 'Bengal'



Figura 60 - Floração da lichieira 'Bengal'



Figura 61 - Flor masculina da lichieira 'Bengal'



Figura 62 - Frutos verdes da lichieira 'Bengal'



Figura 63 - Frutos semi-maduros da lichieira 'Bengal'



Figura 64 - Ponto de colheita da lichieira 'Bengal'

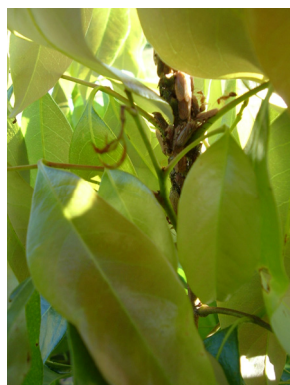


Figura 65 - Ataque de cigarrinhas nas brotações

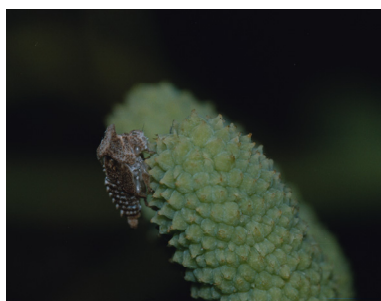


Figura 66 - Ataque de inseto no fruto de lichieira



Figura 67 - Ataque de inseto nos frutos da lichieira



Figura 68 - Ataque de inseto nos frutos da lichieira



Figura 69 - Sustentação de um galho da lichieira



Figura 70 - Rachaduras em frutos de lichieira



Figura 71 - Colheita de lichia. Austrália



Figura 72 - Umedecimento dos frutos. Austrália



Figura 73 - Resfriamento rápido dos frutos. Austrália



Figura 74 - Seleção dos frutos. Austrália



Figura 75 - Resfriamento com água gelada. Austrália



Figura 76 - Classificação dos frutos. Austrália



Figura 77 - Pesagem e embalagem dos frutos. Austrália



Figura 78 - Armazenamento refrigerado. Austrália



Figura 79 - Transporte refrigerado dos frutos. Austrália



Figura 80 - Lichias 'B3' embaladas - atacado. Austrália



Figura 81 - Lichias 'B3' embaladas - varejo. Austrália



Figura 82 - Caixa de papelão para embalagem. Austrália



Figura 83 - Lichias 'Tai So' embaladas. Austrália



Figura 84 - Casa de embalagem de lichia. Limeira/SP



Figura 85 - Escurecimento em lichias recém colhidas



Figura 86 - Escurecimento do pericarpo da lichia 'B3'



Figura 87 - Escurecimento da lichia 'Bengal'



Figura 88 - Doenças e podridões em lichia



Figura 89 - Lichias 'Tai So' e 'Fay Zee Siu'. Austrália



Figura 90 - Lichias 'Bengal'. Piracicaba/SP



Figura 91 - Lichias 'Bengal'. Piracicaba/SP



Figura 92 - Lichias 'B3'. Austrália



Figura 93 - Lichias 'Fay Zee Siu'. Austrália



Figura 94 - Lichias 'Tai So'. Austrália



Figura 95 - Experimento 1 no 15º dia. Piracicaba/SP



Figura 96 - Experimento 2 no 15º dia. Piracicaba/SP



Figura 97 - Experimento 3 no 15º dia. Piracicaba/SP



Figura 98 - Experimento 4 no 15º dia. Piracicaba/SP

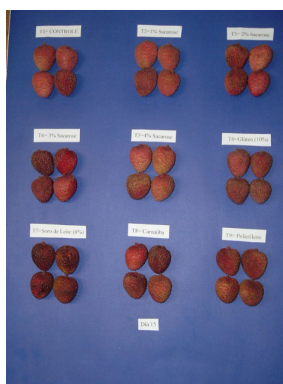


Figura 99 - Experimento 5 no 15º dia. Piracicaba/SP

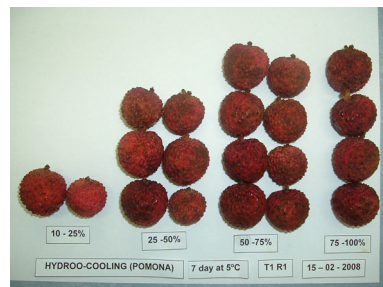


Figura 100 - Experimento 6 no 7º dia (controle). Austrália



Figura 101 - Experimento 6 no 10º dia (controle). Austrália

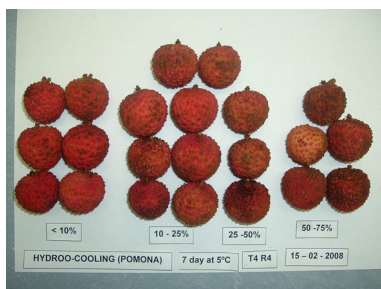


Figura 102 - Experimento 6 no 10º dia (T4). Austrália



Figura 103 - Experimento 6 no 10º dia (T4). Austrália

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](#)