

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

**APLICAÇÃO DE MÉTODOS COMBINADOS NA
CONSERVAÇÃO DA QUALIDADE DE LICHIAS ‘BENGAL’**

Ellen Toews Doll Hojo
Engenheira Agrônoma

JABOTICABAL – SÃO PAULO - BRASIL
Agosto de 2010

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

**APLICAÇÃO DE MÉTODOS COMBINADOS NA
CONSERVAÇÃO DA QUALIDADE DE LICHIAS ‘BENGAL’**

Ellen Toews Doll Hojo

Orientador: Prof. Dr. José Fernando Durigan

Tese apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp, Câmpus de Jaboticabal, como parte das exigências para a obtenção do título de Doutor em Agronomia (Produção Vegetal).

JABOTICABAL – SÃO PAULO - BRASIL

Agosto de 2010

Hojo, Ellen Toews Doll
H719a Aplicação de métodos combinados na conservação da qualidade
de lichias 'Bengal' / Ellen Toews Doll Hojo. – – Jaboticabal, 2010
xi, 120 f. : il. ; 28 cm

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de
Ciências Agrárias e Veterinárias, 2010
Orientador: José Fernando Durigan
Banca examinadora: Ben-Hur Mattiuz, Ricardo Alfredo Kluge,
Jairo Osvaldo Cazetta, Marcos David Ferreira
Bibliografia

1. Litchi chinensis . 2. Antocianina. 3. Escurecimento do
pericarpo. I. Título. II. Jaboticabal-Faculdade de Ciências Agrárias e
Veterinárias.

CDU 631.56: 634.2

Ficha catalográfica elaborada pela Seção Técnica de Aquisição e Tratamento da Informação –
Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação - UNESP, Câmpus de Jaboticabal.

DADOS CURRICULARES DA AUTORA

ELLEN TOEWS DOLL HOJO – Nascida em 26 agosto de 1978 na cidade de São Paulo-SP, filha de Derli Toews Doll e Ivone Ribeiro Doll. Engenheira Agrônoma graduada pela Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (UESB) da região Centro Sul da Bahia, em dezembro de 2002. Durante a graduação foi bolsista do Programa Institucional de Bolsa de Iniciação Científica (PIBIC/CNPq) por dois anos, desenvolvendo trabalhos e projetos na área. Obteve o grau de Mestre em Ciências dos Alimentos, em agosto de 2005, na Universidade Federal de Lavras (UFLA), com a dissertação “Qualidade de mangas ‘Palmer’ tratadas com 1-metilciclopropeno e armazenadas sob refrigeração” sob orientação da Prof^a. Dra. Celeste Maria de Patto de Abreu, como bolsista da CAPES. No ano de 2006 ingressou no Programa de Desenvolvimento Tecnológico Regional 2 (DTR2) da UESB, como bolsista da FAPESB. Em março de 2007 ingressou no curso de doutorado da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, UNESP, Campus de Jaboticabal, no Departamento de Tecnologia, concentrando seus estudos na área de Pós-colheita de Frutas, onde desenvolveu trabalhos e teve a oportunidade de participar de reuniões científicas e publicar diferentes trabalhos na área.

EPÍGRAFE

“A verdadeira educação não desconhece o valor dos conhecimentos científicos ou aquisições literárias; mas acima da instrução aprecia a capacidade, acima da capacidade a bondade, e acima das aquisições intelectuais o caráter. O mundo não necessita tanto de homens de grande intelecto, como de nobre caráter. Precisa de homens cuja habilidade seja dirigida por princípios firmes.”

Ellen G. White (1835-1915)
Livro Educação p.138

DEDICATÓRIAS

A Deus,
por estar sempre ao meu lado me guiando e
abençoando com pessoas especiais em
minha vida.

Aos meus pais, Derli Toews Doll e Ivone Ribeiro Doll
que, mesmo em dificuldades, sempre se
esforçaram para que eu tivesse acesso aos
estudos, e por todo amor e dedicação.

A meu irmão, Eder Toews Doll,
pela amizade e apoio.

A minha irmã, Regina M. Hojo,
pela força, amizade e apoio.

OFEREÇO.

Ao meu marido, Ronaldo H. Hojo,
por toda paciência, amor e apoio
em todos os momentos.

À minha querida filha,
Emi D. Hojo,
por me fazer feliz,

DEDICO.

AGRADECIMENTOS

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

Ao CNPq e à FAPESP, pela concessão da bolsa de estudos.

Ao professor Dr. José Fernando Durigan, pela orientação, confiança, ensinamentos, convívio e apoio que deu origem a essa Tese.

Ao professor Dr. Antonio Baldo Geraldo Martins pelos ensinamentos, credibilidade, amizade e postura em todos os momentos solicitados.

Ao professor Dr. Ben-Hur Mattiuz e sua querida esposa, Cláudia, pelo apoio, amizade e ensinamentos.

Aos meus amigos conquistados nesta cidade querida, Carol, Cristiane, Gustavo, Júlia, Juliana, Leandra, Maria Elisa, Maria Fernanda, Poliana, Ramilo, Ramon, Taiza e Valquíria, pelo agradável convívio, auxílio nas análises de laboratório e por compartilhar experiências.

À Dirce Renata Tostes, por todo apoio e ajuda.

Aos funcionários do Departamento de Tecnologia, em especial a Renata de Paula R. de Campos, e aos funcionários do Departamento de Produção Vegetal, em especial a Nádia Lynn Oliveira, pelos excelentes auxílios prestados nos momentos solicitados.

A todos os professores e colegas do curso de doutorado, aos funcionários da Seção de Pós-graduação, da Revista Brasileira de Fruticultura e da Biblioteca, pelo auxílio e amizade.

Ao Colégio Santo André e seus funcionários, por possibilitar a utilização da estrutura da Biblioteca e da sala de professores e apoio prestado para escrever a minha Tese.

Aos produtores de lichia, Aparecido (Cido), Kobayashi, Roberto Santoro e Luis Carlos.

A todos os meus amigos, bem sabem eles quem são.

Obrigada.

SUMÁRIO

	Página
RESUMO.....	viii
SUMARRY.....	x
1 INTRODUÇÃO.....	01
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	03
2.1 Aspectos gerais.....	03
2.2 Desenvolvimento e fisiologia do amadurecimento.....	03
2.3 Problemas na pós-colheita.....	05
2.4 Tratamentos pós-colheita.....	06
2.4.1 Refrigeração.....	07
2.4.2 Tratamento hidrotérmico e acidificação.....	09
2.4.3 Modificação da Atmosfera.....	10
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	14
3.1 Matéria-prima.....	14
3.2 Instalação e condução dos experimentos.....	14
3.3 Análises.....	18
3.3.1 Análises físicas.....	18
- Perda de massa fresca.....	18
- Coloração e aparência.....	18
3.3.2 Análises químicas e bioquímicas.....	18
- Preparo das amostras.....	18
- Sólidos solúveis (SS).....	19
- Acidez titulável (AT).....	19
- Relação SS/AT.....	19
- pH.....	19
- Ácido ascórbico.....	19
- Antocianina.....	19
- Atividade da polifenoloxidase (PPO) e da peroxidase (POD).....	20
3.3.3 Atividade respiratória.....	20
3.4 Identificação das doenças.....	21
3.5 Análise estatística.....	21
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	22
4.1 Experimento I – Uso de tratamento hidrotérmico, associado ou não com imersão em solução de HCl, na conservação de lichias ‘Bengal’, sob condição de ambiente.....	22
4.2 Experimento II – Armazenamento de lichias ‘Bengal’ utilizando-se diferentes temperaturas.....	36
4.3 Experimento III – Armazenamento de lichias ‘Bengal’ sob atmosfera controlada.....	52
4.4 Experimento IV – Armazenamento de lichias ‘Bengal’ sob atmosfera controlada com diferentes concentrações de CO ₂	68
4.5 Experimento V – Uso de atmosfera modificada, através de embalagens.....	83

plásticas e cobertura de quitosana, na conservação pós-colheita de lichias.....	
5 CONCLUSÕES.....	103
5.1 Experimento I – Uso de tratamento hidrotérmico, associado ou não com imersão em solução de HCl, na conservação de lichias ‘Bengal’, sob condição de ambiente.....	103
5.2 Experimento II – Armazenamento de lichias ‘Bengal’ utilizando-se diferentes temperaturas.....	103
5.3 Experimento III – Armazenamento de lichias ‘Bengal’ sob atmosfera controlada.....	103
5.4 Experimento IV – Armazenamento de lichias ‘Bengal’ sob atmosfera controlada com diferentes concentrações de CO ₂	104
5.5 Experimento V – Uso de atmosfera modificada, através de embalagens plásticas e cobertura de quitosana, na conservação pós-colheita de lichias.....	104
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	105
7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	106

APLICAÇÃO DE MÉTODOS COMBINADOS NA CONSERVAÇÃO DA QUALIDADE DE LICHIAS ‘BENGAL’

Visando prolongar a vida útil da lichia, principalmente quanto à manutenção da cor e da qualidade, executaram-se experimentos para avaliar a eficiência dos tratamentos hidrotérmico e com solução de ácido clorídrico (HCl); do armazenamento sob refrigeração, em atmosfera controlada e em diferentes embalagens plásticas e de coberturas com quitosana. No Experimento I, testou-se a imersão em HCl a 0,087M por 6 minutos; o tratamento hidrotérmico por imersão a 52°C por 1 minuto, seguido de resfriamento em água a 10°C por 6 minutos; e o tratamento hidrotérmico com resfriamento em HCl a 0,087M a 10°C por 6 minutos. O tratamento hidrotérmico seguido de resfriamento em HCl conservou a coloração dos frutos até o 3º dia, e a polpa com qualidade adequada até o 12º dia. No Experimento II, utilizou-se o melhor tratamento do experimento anterior (hidrotérmico com resfriamento em HCl) e testaram-se diferentes temperaturas de armazenamento: 2°C (91% UR); 5°C (98% UR); 10°C (80% UR); e 20°C (70% UR). Os frutos foram analisados após 1, 4, 7, 10, 13, 16, 19, 22 e 25 dias. O armazenamento de lichia a 5 °C manteve a boa aparência por até 13 dias e a qualidade da polpa até o final do período, 25 dias. O armazenamento a 2 °C levou a maiores prejuízos na aparência. As temperaturas, de 10 °C e 20 °C, não foram efetivas para a manutenção da cor vermelha da casca. No Experimento III, foi testado o efeito da atmosfera controlada, associado aos melhores tratamentos dos experimentos anteriores. Os frutos foram armazenados a 5°C e 94% UR, em atmosfera controlada contendo 5%, 10%, 20% e 80% de O₂, com avaliações após 0 (inicial), 3, 7, 14, 21, 28 dias. As lichias de todos os tratamentos mantiveram a boa qualidade da polpa por até 21 dias, com os frutos sob atmosfera com 5% de O₂, apresentando menor escurecimento da casca. As lichias apresentaram escurecimento da casca, acima de 50%, após 7 dias. No Experimento IV, testaram-se diferentes concentrações de CO₂, 0%, 5%, 10%, 15% e 20%, combinados com a melhor concentração do experimento anterior, 5% de O₂. Os frutos foram armazenados por 16 dias e avaliados a cada quatro dias. Atmosfera controlada com 5% de O₂ e 0-5% de CO₂ conservou as lichias por 8

dias, com escurecimento em 25% da casca, e a polpa com boa qualidade por até 16 dias. No Experimento V, avaliou-se o uso da atmosfera modificada testando-se os tratamentos: Testemunha; Bandejas rígidas de poliestireno (22,4cm x 14,8cm) recobertas com filme poliolefínico (FP) de 0,015mm (PD955); Bandejas rígidas de polietileno tereftalato (PET) de 500mL, transparente e com tampa; Bandejas de poliestireno recobertas com filme de cloreto de polivinila (PVC) de 0,014mm; e Imersão em quitosana a 0,5%, 1,0% e 1,5%. Os frutos foram armazenados a 5°C, por 16 dias, e avaliados após 0 (inicial), 4, 8, 12 e 16 dias. O armazenamento das lichias sob refrigeração, associado ao tratamento com quitosana a 0,5%, proporcionou a manutenção da coloração vermelha da casca por 16 dias. A atmosfera estabelecida pelo filme de PVC foi a mais efetiva em reduzir a perda de massa fresca e conservar a coloração vermelha.

Palavras-Chave: *Litchi chinensis*, antocianina, escurecimento do pericarpo, peroxidase, polifenoloxidase, embalagens, quitosana.

APPLICATION OF COMBINED METHODS IN THE CONSERVATION OF QUALITY LITCHIS 'BENGAL'

ABSTRACT – Aiming to extend litchi life, especially regarding to color and quality maintenance, experiments were performed to evaluate the treatment efficiency under heat and using hydrochloric acid solution (HCl), refrigerated storage, controlled atmosphere, different plastic containers, and chitosan coatings. In Experiment I, it was tested immersion in 0,087M HCl for 6 minutes; hydrothermal treatment by immersion at 52°C for 1 minute, followed by water cooling at 10°C for 6 minutes; and hydrothermal treatment with 0,087M HCl cooling at 10 °C for 6 minutes. Hydrothermal treatment followed by HCl cooling preserved fruit color until the 3rd day and adequate pulp quality until the 12th day. In Experiment II, it was used the best treatment in the previous experiment (hydrothermal with HCl cooling) and different storage temperatures were tested: 2°C (91% RH), 5°C (98% RH), 10°C (80% RH), and 20°C (70% RH). Fruits were analyzed after 1, 4, 7, 10, 13, 16, 19, 22, and 25 days. Storage at 5°C kept the good fruit appearance for up to 13 days, and pulp quality until the 25th day. The 2°C led to higher losses in appearance. The temperatures of 10°C and 20°C, were not effective for maintaining the red color of the skin. In Experiment III, the effects of controlled atmosphere combined with improved treatments of previous experiments were tested. Fruits were stored at 5°C and 94% RH in a controlled atmosphere containing 5%, 10%, 20% and 80% O₂, with evaluations after 0 (initial), 3, 7, 14, 21, 28 days. Litchis in all treatments maintained good pulp quality for up to 21 days, with the fruits under a 5% O₂ atmosphere showing a lower skin browning. Litchis showed over 50% skin browning after 7 days. In Experiment IV, different concentrations of CO₂ (0%, 5%, 10%, 15%, and 20%) combined with the best concentration in the previous experiment, 5% O₂, were tested. Fruits were stored for 16 days and evaluated every four days. Litchis showed only 25% skin browning after 8 days under an atmosphere containing 5% O₂ associated with 0% and 5% CO₂, and pulp quality remained good for up to 16 days. The fruits stored under an atmosphere containing CO₂ concentrations above 5% had the lowest intensity in skin browning. In Experiment V, it was evaluated the use of modified

atmosphere with the treatments: control; rigid polystyrene trays (22.4cm x 14.8cm) coated with a 0.015mm (PD955) polyolefin film (PF); 500ml transparent rigid polyethylene terephthalate (PET) trays with lid; polystyrene trays covered with 0.014mm polyvinyl chloride (PVC) film; and immersion in 0.5%, 1.0% and 1.5% chitosan. Fruits were stored at 5°C for 16 days and evaluated after 0 (initial), 4, 8, 12 and 16 days. The refrigerated storage of litchi, associated with treatment with chitosan at 0.5%, provided the maintenance of skin red color of the shell for 16 days. The atmosphere established with PVC films was the most effective in reducing mass and red coloration losses.

KEY WORDS: *Litchi chinensis*, pericarp browning, anthocyanins, peroxidase, polyphenol oxidase, packaging, chitosan.

1 INTRODUÇÃO

Um dos maiores problemas da lichia, na sua pós-colheita, é o escurecimento do pericarpo, pois sua atrativa cor vermelha não é retida por mais que 48 horas a 25 °C. O escurecimento do seu pericarpo tem sido parcialmente atribuído à degradação da antocianina, devido à ação das enzimas oxidativas, polifenoloxidase (PPO), peroxidase (POD) e ácido ascórbico oxidase. Este escurecimento também pode estar relacionado com o ataque de patógenos, dessecação do pericarpo e outros fatores ainda não conhecidos, como o aumento do pH da seiva da casca.

Relata-se também, que o escurecimento da casca é devido ao colapso celular, que permite a mistura de enzimas e substratos, resultando em oxidação dos substratos na presença de oxigênio e produção de substâncias com coloração escura. Por esta razão, retardar ou reduzir a oxidação enzimática tem sido a forma de se aumentar o período de armazenamento e preservar a qualidade comercial de lichias.

Vários tratamentos têm sido sugeridos para reduzir o escurecimento citado, principalmente a imersão em ácido ascórbico ou cítrico, quitosana, lecitina, ceras, compostos de enxofre e acondicionamento em embalagens plásticas. A fumigação com dióxido de enxofre também tem sido muito usada para prevenir o escurecimento da lichia (UNDERHILL et al., 1997), mas este tratamento tem sido evitado, pois deixa resíduos indesejáveis, altera o sabor do fruto e resulta em riscos à saúde dos consumidores e aos trabalhadores das casas de embalagens. A Europa, Austrália e Japão têm permitido um limite máximo de resíduo de 10 $\mu\text{g g}^{-1}$ e nos Estados Unidos da América, o enxofre só está registrado para uso na pós-colheita de uva (UNDERHILL et al., 1997).

Um tratamento alternativo ao enxofre é o uso de ácidos, dado seu efeito na estabilidade da cor de antocianinas e na atividade de oxidases. O ácido clorídrico é o mais usado para devolver a cor de lichias e tem sido utilizado em associação com a fumigação por enxofre (ZAUBERMAN et al., 1991; JIANG et al., 2004). Outra técnica utilizada, isoladamente ou associada com ácidos, para diminuir ou inibir a atividade da

polifenoloxidase (PPO) e da peroxidase (POD), é a aplicação de calor por tratamento hidrotérmico (LICHTER et al., 2000).

A atmosfera modificada (AM) também tem sido testada e é considerada benéfica por manter a umidade alta, essencial para prevenir a perda de água e o escurecimento do pericarpo (KADER, 1994; PESIS et al., 2002). A atmosfera controlada (AC), com baixo teor de O_2 e alto de CO_2 , também tem sido testada, com indicações de que reduz a ocorrência de podridões, mantém a qualidade e aumenta a vida de armazenamento. O tratamento com alto teor de oxigênio também foi considerado efetivo para inibir a descoloração enzimática, prevenindo a fermentação anaeróbica e limitando o crescimento microbiano (DAY, 1996).

Contudo, há falta de trabalhos que integrem a utilização do tratamento hidrotérmico, com a aplicação de ácido clorídrico e com o uso de AM e AC na conservação da qualidade de lichia.

Visando estabelecer condições que aumentem a vida útil da lichia, com manutenção de sua cor e qualidade, o objetivo foi avaliar a eficiência dos tratamentos hidrotérmico e com solução de ácido clorídrico (HCl), do armazenamento sob refrigeração, em atmosfera controlada e em diferentes embalagens plásticas e de coberturas com quitosana.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Aspectos gerais

A lichieira (*Litchi chinensis* Sonn.) produz frutos na forma de drupas, com tamanho variável, e dependendo da cultivar eles podem ser redondos, ovais ou cordiformes e atingir até 5 cm de comprimento por 4 cm de largura e peso entre 10 g e 35 g. Seu epicarpo é delgado, coriáceo, quebradiço e vermelho-brilhante, quando maduro, recoberto por pequenas protuberâncias. O mesocarpo é um arilo branco e translúcido, suculento, doce e aromático, que envolve uma semente grande e de coloração marrom-brilhante, com tamanho de 10-18% do fruto. Pode ocorrer o aborto desta semente, formando a estrutura conhecida como “língua-de-galinha”, sem redução no tamanho da fruta, que terá, conseqüentemente, maior porcentagem de polpa (CHITARRA & CHITARRA, 2006).

A composição química de sua polpa varia de acordo com as condições da cultura, variedade e estágio de maturação, entre outros fatores, e segundo Martins (1992) são constituídas principalmente de água (82,1%), carboidratos (16,3%), ácidos orgânicos, sais minerais, proteínas (0,8-0,9%), pigmentos e vitaminas, principalmente vitamina C (40-90 mg 100g⁻¹).

2.2 Desenvolvimento e fisiologia do amadurecimento

A lichia não amadurece após ser colhida, pois não é climatérica, e seus frutos devem ser colhidos quando apresentam ótima aparência e qualidade para o consumo (KADER, 2002). Para NAKAZONE & PAULL (1998), os frutos devem ser colhidos quando apresentam coloração vermelha totalmente desenvolvida, pois frutos imaturos são ácidos, não amadurecem e não melhoram o sabor.

Segundo AKAMINE & GOO (1973), durante o desenvolvimento dos frutos ocorre declínio na respiração e na produção de etileno, com os frutos imaturos (20 dias depois da antese) apresentando uma taxa respiratória oito a dez vezes maior que a dos frutos maduros (20 mL de CO₂ kg⁻¹ h⁻¹ a 25 °C). CHEN et al. (1986), estudando frutos de

várias cultivares armazenados sob condições de ambiente, encontraram aumento na produção de etileno nos primeiros três a cinco dias após a colheita, que diminuiu em seguida, sem evidenciar pico climatérico. Quando armazenados sob baixas temperaturas ($<8^{\circ}\text{C}$), os frutos apresentam baixas taxas respiratórias e de produção de etileno.

De forma similar, PENG & CHENG (2001) observaram atividades respiratórias iniciais altas, próximo de $250 \text{ mLCO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$, seguido de redução até estabilizar-se em $40 \text{ mLCO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$ em lichias 'Heiye' tratadas com ácido clorídrico e armazenadas a 4°C por 40 dias.

Dentre as características de qualidade, a coloração é o atributo de qualidade mais atrativo para o consumidor. Os produtos de coloração forte e brilhante são os preferidos embora, na maioria dos casos, esta coloração não se correlacione com o valor nutritivo ou com a qualidade comestível do produto (CHITARRA, 1998). Com relação aos pigmentos, para a maioria das frutas, o primeiro sinal de amadurecimento consiste no desaparecimento da cor verde.

A clorofila do pericarpo da lichia diminui com o início do crescimento do fruto e este declínio coincide com a síntese de flavonóides, particularmente antocianina solúvel em água, cujo teor aumenta durante o amadurecimento e é responsável pela pigmentação vermelha do pericarpo. Esse aumento na concentração de antocianina é de $1,68 \text{ mg g}^{-1}$ para $2,06 \text{ mg g}^{-1}$ (PAULL et al., 1984). Ela está localizada nos vacúolos do interior do mesocarpo e, em menor extensão, na epiderme (UNDERHILL & CRITCHLEY, 1992). Após o aumento inicial no teor de antocianina há uma gradual degradação, associada à senescência do fruto (LEE & WICKER, 1991).

Segundo PAULL et al. (1984), os teores de compostos fenólicos no arilo diminuem no início do desenvolvimento e permanecem abaixo de $1 \text{ mg } 100\text{g}^{-1}$. Entretanto, JAISWAL et al. (1986) observaram aumento no teor destes compostos no pericarpo e arilo durante o amadurecimento e decréscimo nos mesmos, com o avanço da senescência. Os teores de compostos fenólicos são maiores no pericarpo ($1,4 \text{ mg } 100\text{g}^{-1}$) que no arilo ($0,5 \text{ mg } 100\text{g}^{-1}$), e estas concentrações dependem da cultivar.

2.3 Problemas na pós-colheita

O escurecimento do pericarpo é o principal problema pós-colheita da lichia. Embora seja somente uma injúria considerada “cosmética”, que tem pouco ou nenhum efeito no sabor, torna os frutos não adequados para a venda em diversos mercados, principalmente na Europa e nos Estados Unidos (HOLCROFT & MITCHAM, 1996). Os consumidores orientais, mais familiarizados com a lichia, consomem os frutos com coloração escurecida.

Este escurecimento está associado à dessecação (SCOTT et al., 1982), todavia, o estresse em altas temperaturas, a senescência, os danos por frio, as pragas e as doenças, também podem provocá-lo. JOUBERT & LELYVELD (1975) observaram que as células do mesocarpo foram as primeiras a escurecer, seguidas pelas do epicarpo e endocarpo. UNDERHILL & CRITCHLEY (1995) verificaram que o escurecimento do pericarpo começa nas protuberâncias do mesmo e se estende por toda sua superfície, avançando pelo epicarpo e camadas inferiores do mesocarpo.

Este escurecimento tem sido atribuído à degradação de antocianinas, devido a ação das enzimas oxidativas, polifenoloxidase (PPO), peroxidase (POD) e ácido ascórbico oxidase (UNDERHILL, 1992).

Há evidências de que a atuação da PPO sobre o escurecimento da lichia é indireto e que ela é ativada pela perda de umidade dos frutos e, portanto, tratamentos que visem a redução de umidade podem aumentar a ação desta enzima (TAYLOR, 1993). A atividade desta enzima é baixa até a maturidade (UNDERHILL & CRITCHLEY, 1992), com aumento durante os primeiros dois dias de armazenamento e modificação na concentração de antocianina (LIN et al., 1988). O calor pode induzir a aumento na atividade da PPO, causando rápido aumento no escurecimento do pericarpo e conseqüente redução na concentração de antocianina (UNDERHILL & CRITCHLEY, 1993). A reversibilidade na mudança da coloração da antocianina pelo dióxido de enxofre sugere que, enquanto a atividade da PPO pode ser responsável por alguma degradação das antocianinas, o escurecimento do pericarpo está mais ligado à degradação de outros compostos (UNDERHILL & CRITCHLEY, 1994).

O papel da POD parece ser mais importante que o inicialmente proposto

(UNDERHILL & CRITCHLEY, 1995), pois sua atividade no pericarpo aumenta rapidamente após a colheita, com aumento na concentração de aldeído malônico, um produto da degradação da peroxidação de lipídeos (LIN et al., 1988). Relataram também, que a atividade da POD aumentou até seu máximo durante os primeiros 15 dias de armazenamento, enquanto a atividade da PPO foi baixa na colheita e durante os primeiros 29 dias de armazenamento.

Aumento na atividade da PPO em lichias foram relatados por outros autores, ao longo do armazenamento refrigerado (ZAUBERMAN et al., 1991; TIAN et al., 2005), assim como reduções nesta atividade após ter alcançado um pico de atividade (LIN et al., 1988; PENG et al., 1999). Estes resultados discordantes podem ser o resultado de diferenças entre os métodos de extração e determinação da enzima e as cultivares estudadas.

A oxidação do ácido ascórbico aumentou a degradação da antocianina. Os mecanismos desta reação não estão bem esclarecidos, mas CHICHESTER (1976) sugere que o peróxido de hidrogênio, produzido pela degradação do ácido ascórbico, participa da oxidação da antocianina. UNDERHILL (1992) e UNDERHILL & CRITCHLEY (1992) relataram aumento na oxidação do ácido ascórbico no pericarpo da lichia, durante o escurecimento, apesar das baixas concentrações desta vitamina neste tecido ($1 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$).

Segundo HOLCROFT & MITCHAM (1996), a estrutura e a cor da antocianina são dependentes das condições internas das células, particularmente do pH, da presença de íons e de moléculas fenólicas. A importância do pH intracelular, na fixação e reversão de antocianinas tem sido reconhecida e explicada por UNDERHILL et al. (1992). A desidratação pode aumentar o pH da célula, enfatizando a influência da água no escurecimento.

2.4 Tratamentos pós-colheita

Entre os diversos fatores que contribuem para a manutenção da qualidade dos frutos, destacam-se: a qualidade inicial do produto; a temperatura na qual o produto foi manuseado, armazenado, transportado e distribuído; a umidade relativa do ambiente

pós-colheita; o uso de atmosfera controlada ou modificada durante o armazenamento e transporte; os tratamentos químicos utilizados para o controle de desordens fisiológicas; o tratamento térmico para o controle de doenças e pragas; as embalagens; e os sistemas de manuseio.

2.4.1 Refrigeração

A temperatura utilizada durante o armazenamento é de grande importância, pois exerce influência direta na taxa de respiração e de transpiração das frutas. Excesso de transpiração na pós-colheita resulta no enrugamento do fruto, desenvolvimento desuniforme da cor, amadurecimento irregular, além de afetar suas características sensoriais (KADER, 2002).

De acordo com UNDERHILL & CRITCHLEY (1993), a lichia é propensa à transpiração, causa dano à aparência dos frutos, que perdem sua coloração vermelha, característica do produto fresco, tornando-se marrom, pela perda de água pelo pericarpo. Esta desidratação causa micro ferimentos na superfície do fruto (pericarpo), que aceleram o qual acelera a perda de água e o seu escurecimento. Eventualmente, o arilo também perde água e o fruto fica flácido e insípido.

O armazenamento refrigerado é o meio mais simples e efetivo para se aumentar a vida útil de lichias, controlando o escurecimento do pericarpo (UNDERHILL et al., 1997). Elas são comumente armazenadas a 5 °C (SCOTT et al., 1982), todavia vários trabalhos relatam a manutenção dos frutos em temperaturas tão baixas quanto 0 °C, por três semanas (SANDHU & RANDHAWA, 1992). SAAVEDRA DEL AGUILA (2009) indica as temperaturas de 0 °C e 5 °C para conservação da lichia 'Bengal', por 15 dias.

A vida útil de lichia, quando armazenados sem o uso de proteções e a 25 °C, é de somente 2-4 dias (DATTA et al., 1963), mas se protegidos com filme de polietileno, na mesma temperatura, aumenta para até 7 dias (NIP et al., 1988). Quando se reduziu a temperatura para 5 °C, esta vida útil foi aumentada para até 4 semanas (DATTA et al., 1963; SCOTT et al., 1982).

Lichias que são rapidamente resfriadas para 3 °C e mantidas sob baixas temperaturas (5 °C) tendem a ser menos susceptíveis à desidratação e doenças. Ao

contrário do que se pensa, as lichias não se resfriam rapidamente quando colocadas em câmaras frias. A taxa de resfriamento de frutos embalados em sacos plásticos de polipropileno é relativamente lenta e pode levar até dois dias para que as frutas atinjam 5 °C (BAGSHAW et al., 1994). O resfriamento por ar forçado requer alta capacidade da câmara fria e pelo menos 12 horas (WATKINS, 1990), o que leva à desidratação dos frutos, a menos que o sistema opere com umidade relativa de 95%. Por outro lado, o resfriamento com água, "hidrocooler", é mais rápido que o com ar forçado, evita problemas com desidratação e é relativamente barato (UNDERHILL et al., 1997).

Em lichia, recomendam-se como métodos de resfriamento rápido o ar forçado a 5°C por quatro horas, a água fria 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 devido ao escurecimento do pericarpo e ao aparecimento de podridões (MENZEL & WAITE; 2005; JIANG et al., 2006). Enquanto SAAVEDRA DEL AGUILA (2009) relata 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.

O armazenamento em baixas temperaturas, logo em seguida à colheita, é a técnica mais utilizada para prolongar a conservação dos frutos. A redução da temperatura faz com que as reações enzimáticas, especialmente as associadas à respiração e senescência, ocorram mais lentamente. Essa diminuição da atividade respiratória é o principal processo fisiológico pós-colheita, e propicia na sua decorrência, menores perdas de características físicas e químicas, tais como aroma, sabor, textura, cor e outros atributos de qualidade dos frutos (BRON et al., 2002).

Segundo OLESEN et al. (2003), a temperatura ótima para o armazenamento de lichias, visando a retenção da cor vermelha do pericarpo, se encontra entre 2 °C e 5 °C. Já KADER (2004), menciona que a faixa ótima de temperatura para o armazenamento de lichias, varia entre 1,5 °C e 5,5 °C, dependendo da cultivar e do tempo de armazenamento, e que a umidade relativa do ar de armazenamento deve ser de 90 - 95%.

2.4.2 Tratamento hidrotérmico e acidificação

OLESEN et al. (2004), ao imergirem lichias 'Kwai May Pink' em água a 48 °C, 50 °C e 52 °C por 1, 2, 3, 4 e 5 minutos, para controlar podridões, concluíram que os melhores resultados foram conseguidos com 52 °C por 1 minuto. Este tratamento levou a correlacionamento linear e positivo entre o tempo de imersão e a intensidade da cor, mas causou danos às células do epicarpo. No final da imersão, a diminuição rápida da temperatura da superfície para o centro do fruto causa grande efeito na resistência térmica do fruto, sendo que a pasteurização pode distribuir melhor o calor da casca para o arilo.

SOUZA et al. (2010), utilizando tratamento térmico em lichias 'Bengal', quando aplicado por 5 e 10 minutos a 45 °C, verificaram que este tratamento é eficaz na manutenção da coloração dos frutos e as enzimas POD e PPO podem ser consideradas marcadores bioquímicos de escurecimento em lichia. O tratamento térmico com 10 minutos de imersão favoreceu o possível aumento no tempo de comercialização devido ao prolongamento da vida pós-colheita, sendo que a fruta possui safra muito curta e alto preço.

PAULL et al. (1998), determinando o resíduo de enxofre em lichias 'Kwai Mei' tratadas com SO₂, verificaram que a imersão em água quente, 49 °C por 20 minutos, reduziu o resíduo de enxofre na polpa a menos de 5 mg de enxofre por kg de polpa, mas causou danos à casca.

O tratamento dos frutos com soluções diluídas de HCl tem possibilitado o restabelecimento da coloração natural, pela conversão dos pigmentos escurecidos a íons flavino, predominantes em pH baixo. ZAUBERMAN et al. (1991) demonstraram que a imersão dos frutos em HCl a 1M, por dois minutos, resultou em completa recuperação da coloração dentro de 24-48 horas após o tratamento.

Lichter et al. (2000), ao armazenarem lichias 'Mauritius' pulverizadas com água quente (55 °C por 20 segundos), e tratamento com ácido clorídrico (4% por 15-30 minutos), relataram que a cor vermelha manteve-se por até 35 dias a 1,5 °C e 95 %UR, mas com a ocorrência de manchas marrons e rachaduras na casca, que não comprometiam a qualidade interna ou o sabor.

JIANG et al. (2004) emergiram lichias 'Huaizhi' em diferentes concentrações de HCl (0,5%, 1% e 2%) por 2, 4, 6, 8 e 10 minutos e constataram que os tratados com HCl a 1%, por 6 minutos, apresentaram a melhor coloração vermelha e o menor índice de lesões no pericarpo. Este tratamento permitiu a inibição da atividade da PPO e manteve o elevado teor de antocianinas do pericarpo. Estes autores, quando associaram o uso de HCl a 1% por 6 minutos com posterior congelamento, -18 °C por 12 meses, observaram que os frutos tiveram vida útil de apenas 12 horas a temperatura ambiente, com coloração vermelha uniforme e qualidade aceitável. Sugeriram o uso comercial do HCl a 1% para prolongar a vida de lichias, durante o armazenamento congelado.

MIZOBUTSI et al. (2004), avaliando o efeito da imersão dos frutos da cv. Brewster em solução de HCl a 0,1M por 5, 10, 20 e 30 minutos, que foram embalados em bandejas recobertas ou não com filme de cloreto de polivinila (PVC) e armazenados a 5 °C e 10 °C, observaram que aqueles que não receberam o tratamento com HCl tornaram-se 100% marrons, após o terceiro dia de armazenamento ao ambiente. O tratamento com HCl a 5 °C e a 10 °C foi eficiente em reduzir a atividade da peroxidase e da polifenoloxidase e em manter a coloração do pericarpo da lichia. Os frutos imersos, por 10 minutos, na solução de HCl e armazenados a 5 °C na embalagem protegida com o filme de PVC permaneceram com o pericarpo totalmente vermelho por 30 dias.

2.4.3 Modificação da atmosfera

A atmosfera modificada refere-se ao armazenamento de frutas e hortaliças em atmosferas cujas concentrações de oxigênio (O₂), gás carbônico (CO₂) e nitrogênio (N₂) são diferentes daquelas encontradas na composição normal do ar ambiente, ou seja, 21% de O₂, 0,03% de CO₂ e 78% de N₂ (SIGRIST et al., 2002). Este armazenamento pode ser conduzido em ambientes herméticos, tanto em contêineres utilizados no transporte a longas distâncias como em embalagens individuais (LABUZA & BREEN, 1989).

Os termos de atmosfera controlada (AC) e modificada (AM) têm sido freqüentemente usados e indicam a adição ou remoção de gases na atmosfera de

armazenamento, o que resultaria em uma composição atmosférica diferentes do ar normal e indica que os níveis de CO₂, O₂, N₂ e etileno podem ser manipulados. O armazenamento sob AC geralmente se refere a decréscimo da concentração de O₂ e acréscimo da de CO₂ e preciso controle destas concentrações. O termo armazenamento sob AM é usado quando a composição da atmosfera não é precisamente controlada, como nas embalagens plásticas, onde as mudanças na composição da atmosfera ocorrem intencionalmente ou não (WILLS et al., 1998).

A atmosfera modificada é utilizada para prolongar a vida de prateleira de frutas, que pode ser obtida pelo acondicionamento das frutas em filmes plásticos ou pelo recobrimento com ceras especiais (CHITARRA & CHITARRA, 2005). Durante os últimos 50 anos tem-se utilizado o armazenamento sob atmosfera controlada ou modificada, para aumentar a vida útil de muitas frutas, incluindo maçãs, bananas, kiwis e morangos. A presença de uma barreira artificial à difusão de gases, em torno da fruta, resulta em redução no nível de O₂, aumento no de CO₂ e alteração nas concentrações de etileno, vapor de água e outros compostos voláteis no interior da fruta. Isto retarda o amadurecimento, pois desacelera várias alterações metabólicas, como o amolecimento. A magnitude dessas alterações é dependente da natureza e da espessura da barreira, da taxa respiratória do produto, da relação entre a massa de produto e a área da barreira, e da temperatura e umidade do ambiente (LANA & FINGER, 2000).

FONTES et al. (1999), na tentativa de retardar o escurecimento e promover melhor conservação pós-colheita de lichias 'Brewster', embalaram os frutos com filmes de polietileno de baixa densidade, perfurado ou não, e de PVC, e conservaram-nos a temperatura ambiente (27 °C) e a 5 °C. Observaram que, independente da temperatura, o filme de polietileno sem perfurações permitiu menor perda de matéria fresca, porém a 5 °C, ele apresentou o inconveniente da condensação de água no interior da embalagem, impedindo a perfeita visualização do produto. O filme de PVC, por sua vez, não apresentou esse inconveniente e a perda de matéria fresca foi semelhante ao tratamento com polietileno sem perfuração. Concluíram que o melhor tratamento foi o filme de PVC, associado à temperatura de 5 °C, que permitiu a manutenção da boa intensidade da cor vermelha dos frutos por até 36 dias, após a colheita. Na temperatura

ambiente (27 °C), o uso dos filmes de polietileno perfurado e PVC retardou o escurecimento do pericarpo, que se iniciou após quatro dias da colheita e que em oito dias atingiu 15,6% e 5,0% dos frutos.

CHAIPRASART (2005) verificou perdas de massa superiores a 6% em lichias 'Hong Huai' mantidas em atmosfera com filmes de PVC e polietileno e armazenadas a 5 °C por 12 dias. CARO & JOAS (2005) e JOAS et al. (2005) observaram perdas de massa superiores a 3% em lichias 'Kway Mi' tratadas com quitosana a 1% e armazenadas a 10 °C por 10 dias. HOSOKAWA et al. (1990) afirmaram que a quitosana tem baixa permeabilidade ao oxigênio e gás carbônico e pode formar uma cobertura semipermeável, a qual pode modificar a atmosfera interna, retardando o amadurecimento e diminuindo as taxas de transpiração de frutas e hortaliças.

A atmosfera modificada (17% de O₂ e 6% de CO₂), criada por filmes de polipropileno bi-orientado, permitiu a manutenção da qualidade de lichias 'Mauritius' durante o armazenamento, pois reduziu o escurecimento do pericarpo dos mesmos (SIVAKUMAR & KORSTEN, 2006).

SOMBOONKAEW & TERRY (2010a) trabalhando com lichias 'Mauritius' embaladas com propaFresh™ 0,025mm e armazenadas a 13 °C, por 9 dias, observaram perda de massa de apenas 0,37%. Estes autores relataram que os resultados obtidos indicam que o filme propaFresh™ foi melhor embalagem que os filmes de polipropileno microperfurado com 0,025mm, e celofane com 0,030 mm, por manter os teores de açúcares, acidez e antocianina das frutas até o final do armazenamento. Resultados semelhantes foram encontrados por estes autores quando trabalharam com a mesma cultivar e embalagem para lichias, porém com armazenamento a 5 °C, por 11 dias (SOMBOONKAEW & TERRY, 2010b).

DUAN et al. (2004) verificaram que o índice de escurecimento aumentou rapidamente com o tempo de armazenamento em lichias 'Huaizhi', a 25 °C e 80-85 %UR por 6 dias, embora a atmosfera com 100% de O₂ + 0% de CO₂ tenha promovido redução no escurecimento, com a casca dos frutos apresentando, no 6º dia, um índice de escurecimento de 25%. Estes dados são concordantes com os de TIAN et al. (2002), que observaram que o uso de atmosfera com 70% de O₂ preveniu o escurecimento da

casca de longan.

TIAN et al. (2005), ao testar o armazenamento de lichias 'Heiye' a 3 °C e 95 %UR por 42 dias sob atmosfera controlada (5% O₂ + 5% CO₂ e 70% O₂ + 0% CO₂), que relataram redução gradual nos teores de antocianinas ao longo do armazenamento e aumento na atividade da POD. Embora a atividade da PPO tenha se apresentado inicialmente alta ela decresceu rapidamente até o 14º dia, cujo escurecimento da casca era de 40%.

Por outro lado, ZHANG & QUANTICK (1997), estudando o efeito da aplicação de quitosana em lichias 'Huaizhi', armazenadas a 4 °C e 90 %UR por 33 dias, verificaram contínuos incrementos na atividade da POD, que nos tratamentos com recobrimentos foram inferiores ao do tratamento Testemunha.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Matéria-prima

Foram utilizados lichias (*Litchi chinensis* Sonn.) da variedade Bengal, adquiridos de pomar localizado no município de Guatapar-SP (2130'18,6"S e 4802'17,4"O) para os Experimentos I e II, de Avaré-SP (2305'47,7"S e 4855'01,4"O) para os Experimentos III e V, e de Taquaritinga-SP (2124'43,2"S e 4829'54,1"O) para os Experimentos IV e VI.

3.2 Instalação e condução dos experimentos

Os frutos foram colhidos manualmente pela manhã, no estdio de maturo maduro, definido a partir da coloração da casca (vermelha), conforme padronização estabelecida para comercialização no mercado interno (SALOMÃO et al., 2006).

Após a colheita, em todos os experimentos, os frutos foram acondicionados em contentores e cuidadosamente transportados até o Laboratório de Tecnologia dos Produtos Agrícolas do Departamento de Tecnologia, da FCAV - UNESP, Campus de Jaboticabal – SP. Em seguida, foram selecionados quanto ao tamanho, cor e ausência de injúrias, descartando-se aqueles com defeitos, antes de serem higienizados por imersão, 5 minutos em água a 200 mg L⁻¹ de hipoclorito de sódio, e deixados escorrer por 3 minutos.

Antes da aplicação dos tratamentos, 3 parcelas contendo 8 frutos cada foram avaliadas, em triplicata, a fim de caracterizar os frutos no dia da colheita, em todos os experimentos.

Experimento I – Uso de tratamento hidrotérmico, associado ou não com imersão em solução de HCl, na conservação de lichias 'Bengal', sob condição de ambiente.

O armazenamento dos frutos foi feito sob condição de ambiente (200,7 C e 82 %UR), pelo período de 12 dias, de 28 de novembro a 10 de dezembro de 2007.

Este experimento foi instalado obedecendo a um delineamento estatístico inteiramente casualizado, disposto em esquema fatorial 4 x 7, com 3 repetições, onde o primeiro fator correspondeu aos tratamentos: Testemunha; Imersão em HCl a 0,087M, por 6 minutos (HCl); Tratamento hidrotérmico, com imersão em água a 52 °C por 1 minuto, seguido de resfriamento em água a 10 °C, por 6 minutos (Hidrotérmico); e Tratamento hidrotérmico, com resfriamento em HCl a 0,087M, a 10 °C, por 6 minutos (Hidro + HCl). O segundo fator ou os períodos de armazenamento foram, 0 (inicial), 1, 2, 3, 6, 9 e 12 dias. Cada parcela foi composta por 7 frutos, mantidos em embalagem rígidas de poliestireno (22,4 cm x 14,8 cm).

Experimento II – Armazenamento de lichias ‘Bengal’ utilizando-se diferentes temperaturas.

Utilizou-se o melhor tratamento do experimento anterior, hidrotérmico seguido de resfriamento em HCl a 0,087M, na realização do segundo experimento. Testou-se diferentes temperaturas de armazenamento, no período de 12 de dezembro de 2007 a 5 de janeiro de 2008.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com 3 repetições (8 frutos/parcela), onde os tratamentos estudados foram as temperaturas de armazenamento: $2 \pm 0,7$ °C (91 %UR); $5 \pm 1,2$ °C (98 %UR); $10 \pm 0,7$ °C (80 %UR); e $20 \pm 0,8$ °C (70 %UR). Os frutos foram analisados após 1, 4, 7, 10, 13, 16, 19, 22 e 25 dias de armazenamento.

Experimento III – Armazenamento de lichias ‘Bengal’ sob atmosfera controlada.

Este experimento foi conduzido para verificar o efeito da associação da atmosfera controlada, ao melhor tratamento indicado pelo experimento anterior, e foi realizado no período de 9 de janeiro a 6 de fevereiro de 2008.

Os frutos foram armazenados sob atmosfera controlada, em contentores plásticos herméticos de 20L (câmara de armazenamento), a $5 \pm 0,5$ °C e 94 %UR, balanceado com nitrogênio (N₂) e fluxo da mistura gasosa de 100 mL min⁻¹, contendo as seguintes concentrações de oxigênio: 5%, 10%, 20% e 80%. A composição da

atmosfera foi controlada diariamente usando-se analisador de atmosferas (Dansensor Checkmate 9001, PBI Dansensor, Dinamarca).

O delineamento estatístico também obedeceu delineamento inteiramente casualizado, com o experimento disposto em esquema fatorial 4 x 8, com quatro níveis de O₂ (5%, 10%, 20% e 80%) e avaliação após 0 (inicial), 3, 7, 14, 21, 28 dias de armazenamento. Utilizou-se 3 repetições com 8 frutos por parcela.

Para se conseguir as atmosferas desejadas foram utilizados, como fonte de nitrogênio (N₂), cilindros K 6,0 m³ (White Martins Gases Ltda). Ar comprimido foi utilizado como fonte de oxigênio (O₂), nas concentrações de 5%, 10% e 20%, utilizando-se um compressor de ar odontológico (Shulz, modelo MS 3/30L, São Paulo, Brasil). Para a obtenção da concentração de 80% de O₂ utilizou-se cilindros T 10,0 m³ (White Martins Gases Ltda). O ar comprimido ou o O₂ a 80% e o N₂, em linhas separadas, foram umidificados através da passagem por recipientes de plástico contendo água destilada. Depois da umidificação, as linhas com gases passavam por um controlador de pressão (barostato) com coluna de água de 60 cm, o que permitiu controlar e manter a pressão de saída dos gases.

Para estabelecer os fluxos desejados foram utilizados tubos capilares de vidro com diferentes diâmetros internos e comprimentos, cuja regulação da vazão foi medida com o uso de bolômetros. Depois de estabelecidos os fluxos, os gases foram misturados em câmaras de acrílico (3,0 x 3,0 x 4,0 cm) antes de serem conduzidos às câmaras de armazenamento, que continham os frutos.

Experimento IV – Armazenamento de lichias 'Bengal' sob atmosfera controlada com diferentes concentrações de CO₂.

Após obtenção da melhor concentração de O₂ foi conduzido este experimento com cinco concentrações de CO₂ associadas com o melhor tratamento do experimento anterior, 5% de O₂, pelo período de 16 dias, de 10 a 26 de dezembro de 2008.

Este experimento foi conduzido nas mesmas condições de atmosfera controlada que o Experimento III. Para a obtenção das concentrações de dióxido de carbono (CO₂) utilizou-se cilindros K 26,0 kg (White Martins Gases Ltda). Os frutos foram armazenados

em baldes plásticos herméticos de 20 L (câmara de armazenamento), a $5 \pm 0,5$ °C e 94 %UR, com fluxo da mistura gasosa de 100 mL min^{-1} contendo as seguintes concentrações de oxigênio e dióxido de carbono: 5 %O₂ + 0 %CO₂; 5 %O₂ + 5 %CO₂; 5 %O₂ + 10 %CO₂; 5 %O₂ + 15 %CO₂; e 5 %O₂ + 20 %CO₂. A composição da atmosfera foi controlada diariamente usando-se analisador de atmosferas (Dansensor Checkmate 9001, PBI Dansensor, Dinamarca).

O delineamento estatístico também obedeceu delineamento inteiramente casualizado, disposto em esquema fatorial 5 x 5, sendo cinco níveis de CO₂ (0%, 5%, 10%, 15% e 20%), avaliados após 0 (inicial), 4, 8, 12 e 16 dias de armazenamento. O número de frutos por parcela foram 8, com 3 repetições.

Experimento V – Uso de atmosfera modificada, através de embalagens plásticas e cobertura de quitosana, na conservação pós-colheita de lichias

Este experimento foi conduzido com o intuito de se verificar a eficiência do emprego de atmosfera modificada na conservação de lichia, observando-se os parâmetros estabelecidos nos Experimentos III e IV.

O delineamento estatístico foi o inteiramente casualizado, disposto em esquema fatorial 7 x 5, com 3 repetições, onde o primeiro fator correspondeu aos tratamentos: Testemunha; Bandejas rígidas de poliestireno (22,4 cm x 14,8 cm) recobertas com filme poliolefínico (FP) de 0,015 mm (PD955 da Cryovac®); Bandejas rígidas de polietileno tereftalato (PET) de 500 mL (Neoform N-90), transparente e com tampa; Bandejas de poliestireno (22,4 cm x 14,8 cm) recobertas com filme de cloreto de polivinila (PVC) de 0,014 mm (Omnifilm®); Imersão em quitosana (>90% de desacetilação, Sigma - Aldrich) a 0,5%, 1,0% e 1,5%. A quitosana foi diluída em ácido tartárico a 10%, pH=0,8. O segundo fator foi o tempo de armazenamento, 0 (inicial), 4, 8, 12 e 16 dias. Cada parcela foi composta por 8 frutos, sendo que os tratados com quitosana foram contidos em bandejas rígidas de poliestireno (22,4 cm x 14,8 cm), sem filme.

3.3 Análises

Em cada data de armazenamento as amostras coletadas foram analisadas quanto nos seguintes parâmetros:

3.3.1 Análises físicas

- Perda de massa fresca

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

- Coloração e aparência

A coloração foi determinada utilizando-se um reflectômetro Minolta CR400, que se expressa segundo o sistema proposto pela Commission Internationale de L'Eclairage (CIE) em $L^*a^*b^*$ (*color space*) e efetuando-se duas leituras por fruto, na região equatorial. A coloração foi expressa em luminosidade, ângulo hue e cromaticidade (MINOLTA CORP., 1994).

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

3.3.2 Análises químicas e bioquímicas

- Preparo das amostras

O mesocarpo (polpa) foi triturado e utilizado nas determinações do pH e dos teores de sólidos solúveis e acidez titulável. Para as análises bioquímicas, atividade da peroxidase e polifenoloxidase, assim como para a determinação dos teores de antocianinas, os frutos de cada tratamento foram descascados, a polpa e a casca cortadas em pedaços, imediatamente congeladas em nitrogênio líquido e armazenadas a -18 °C.

- Sólidos solúveis (SS)

Esta determinação foi feita na polpa triturada e filtrada em gaze, refratometricamente, usando-se refratômetro digital ATAGO PR-100, e os valores expressos em °Brix (AOAC, 1997, proc. 920.151).

- Acidez titulável (AT)

Foi determinada por titulação da polpa diluída em água destilada, com solução padronizada de NaOH a 0,1M, tendo como indicador a fenolftaleína, pH 8,1 (AOAC, 1997, proc. 932-12) e os resultados expressos em g de ácido málico por 100 g de polpa.

- Relação SS/AT

Obtida pela relação entre os teores de sólidos solúveis e de acidez titulável.

- pH

Determinado utilizando-se potenciômetro e com leituras feitas diretamente em 5 g de polpa triturada e homogeneizada em 50 mL água destilada (AOAC, 1997).

- Ácido ascórbico

O conteúdo de ácido ascórbico foi determinado por titulação do extrato da polpa obtido com ácido oxálico a 0,5%, a 5 °C, usando-se 2,6 diclorofenolindofenol de sódio a 0,1% (RANGANNA, 1977). Os resultados foram expressos em mg de ácido ascórbico por 100 g de polpa.

- Antocianina

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

- Atividade da polifenoloxidase (PPO) e da peroxidase (POD)

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

3.3.3 Atividade respiratória

Nos Experimentos I e II, a atividade respiratória foi determinada mantendo-se amostra dos frutos (8 frutos) em frasco hermético (2000 mL) por 80 minutos e quantificando-se o CO₂ produzido neste período. Nos Experimentos III e IV, a atividade respiratória foi determinada diretamente nas embalagens contentoras dos frutos, com interrupção do fluxo por 1 hora e determinação da quantidade de CO₂ produzido neste período. Os resultados foram expressos em mL de CO₂ kg⁻¹ h⁻¹.

As amostras analisadas nos Experimentos I e II, com 0,3 mL e tomadas no início e após o tempo de contenção estabelecido em ambiente hermético, assim como as dos gases presentes nos tecidos dos frutos, foram analisadas em cromatógrafo a gás (Finningan, modelo 9001, Finningan Corporation, San Jose, EUA) equipado com colunas de aço inox preenchida com Porapack-N e peneira molecular (5A), detectores de condutividade térmica (150 °C) e de ionização de chama (150 °C), e que usa nitrogênio como gás de arraste (30 mL min⁻¹). Os teores de O₂ e CO₂ foram determinados usando-se o “software” Borwin (Borwin version 1.20, JMBS Developpements, Le Fontanil, França).

No Experimento V, a avaliação dos teores de O₂ e CO₂ no interior das embalagens foi feita usando-se analisador de gases Checkmate 9900, PBI Dansensor.

Nos frutos tratados com quitosana, os teores de O₂ e CO₂, nos seus tecidos, foram determinados usando-se o método indicado por SALTVEIT (1982). Os frutos

foram colocados dentro de funil de vidro com septo, e este por sua vez era imerso em água destilada previamente fervida e mantida em dessecador, no qual foi aplicado vácuo parcial para retirada dos gases presentes nos frutos. O ar extraído do interior dos frutos ficava retido na haste do funil, que era analisado utilizando-se cromatógrafo.

3.4 Identificação das doenças

Constatada a presença de doenças, através da identificação visual dos sintomas, os frutos, independentemente do tratamento, eram encaminhados ao Laboratório de Fitopatologia do Departamento de Defesa Fitossanitária para a identificação dos seus agentes causais através da comparação de laminas com o apresentado por BARNETT (1972).

3.5 Análise estatística

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e à comparação de medias utilizando-se o teste de Tukey, a 5% de probabilidade. A descrição das variáveis, em função dos períodos de armazenamento, foi feita utilizando-se análise de regressão e os modelos foram selecionados observando a significância do teste F para cada modelo e seus respectivos coeficientes de determinação.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Experimento I – Uso de tratamento hidrotérmico, associado ou não com imersão em solução de HCl, na conservação de lichias ‘Bengal’, sob condição de ambiente

Visando a caracterização inicial dos frutos foi realizada a análise de uma amostra no dia da colheita, cujos resultados são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 – Caracterização de lichia ‘Bengal’, recém-colhidos, em 28 de novembro de 2007.

Variáveis	Média	DP*	Variáveis	Média	DP
Massa (g)	14,0	0,67	Cromaticidade	44,0	2,56
SS (°Brix)	19,0	0,50	Luminosidade	45,0	2,29
AT (ác. málico 100g ⁻¹)	1,5	0,23	Antocianina (mg 100g ⁻¹)	63,9	8,04
pH	3,2	0,23	Polifenoloxidase		
Ácido ascórbico			($\mu\text{mol de fenol min}^{-1} \text{ g}^{-1}$)	4,5	1,11
(mg 100g ⁻¹)	57,7	6,92	Peroxidase		
Ângulo hue	33,3	2,86	(nmol de H ₂ O ₂ min ⁻¹ g ⁻¹)	4,4	0,8

* DP = desvio-padrão.

A perda de massa fresca, indicada na Figura 1, foi influenciada pelo período de armazenamento e não se verificou interação entre os fatores estudados. Foi observado incremento linear na perda de massa fresca, independentemente dos tratamentos, que evoluiu de 7,09%, em 1 dia, para 28,62%, após 12 dias. As condições do armazenamento foram os fatores determinantes na perda de massa por este fruto. CHEN et al. (2001) relatam que perda de massa superior a 18,21% é suficiente para causar escurecimento total do pericarpo de lichias, enquanto, BRYANT (2004) considera que uma perda de 3-5% pode causar este efeito.

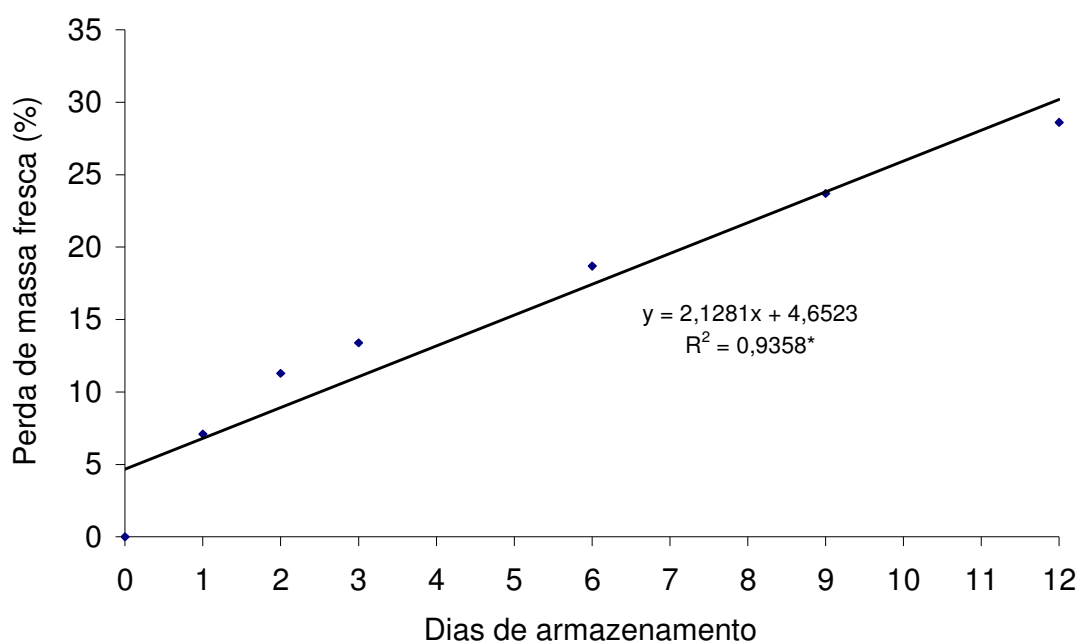


FIGURA 1 – Perda de massa fresca por lichias 'Bengal' submetidas a tratamento hidrotérmico, associado ou não com imersão em HCl a 0,087M, e armazenadas sob condição de ambiente (20 °C; 82 %UR).

Observa-se redução intensa na atividade respiratória no segundo dia de armazenamento, a partir do qual se manteve praticamente inalterada, apresentando assim um padrão não climatérico. Os frutos que receberam o tratamento Hidrotérmico ou com HCl apresentavam, no 1º dia, atividade respiratória mais intensa, 73,03 mL de CO₂ kg⁻¹ h⁻¹ e 85,61 mL de CO₂ kg⁻¹ h⁻¹, respectivamente, quando comparada com a do Testemunha, 58,71 mL de CO₂ kg⁻¹ h⁻¹, ou a dos que receberam o tratamento hidrotérmico seguido de resfriamento em HCl, 59,88 mL de CO₂ kg⁻¹ h⁻¹ (Figura 2). Isto, provavelmente foi devido ao estresse sofrido pelos frutos na colheita e tratamento (MORAES, 2005).

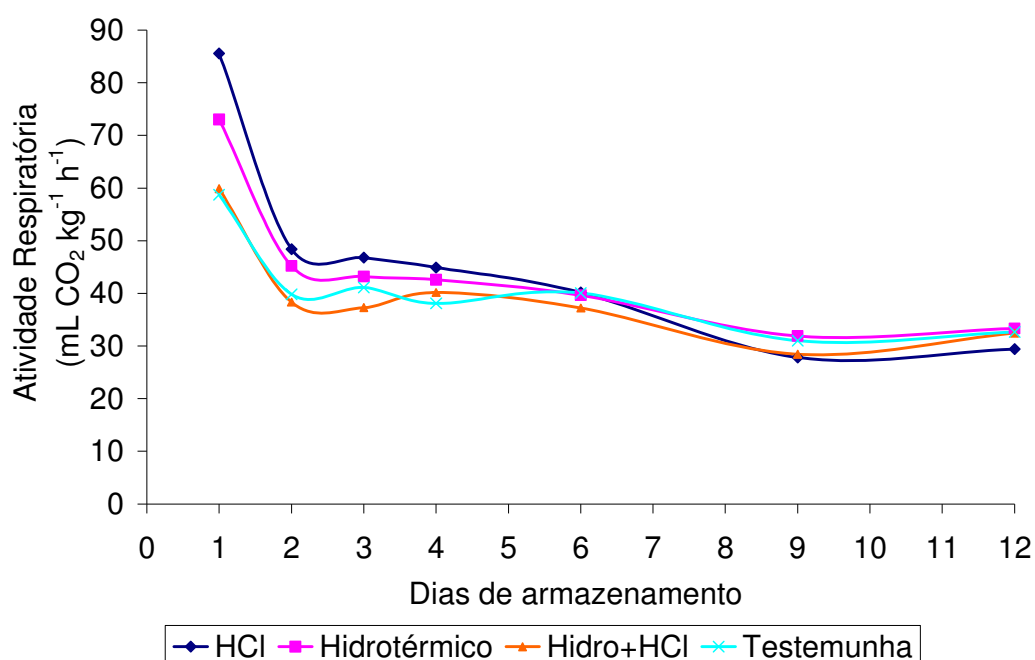


FIGURA 2 – Atividade respiratória em lichias ‘Bengal’ submetidas a tratamento hidrotérmico, associado ou não com imersão em HCl a 0,087M, e armazenadas sob condição de ambiente (20 °C; 82 %UR).

Observou-se, em todos os tratamentos, que o teor de sólidos solúveis (SS) aumentou linearmente durante o período de armazenamento (Figura 3) como efeito da perda de massa, enquanto o de acidez titulável (AT) diminuiu (Figura 4), o que é característico de frutos não climatéricos (WILLS et al., 1998). Esta redução tem sido atribuída ao consumo dos ácidos orgânicos no processo respiratório (CHITARRA & CHITARRA, 2005). Comportamento semelhante também foi verificado em lichias ‘Groff’ por HOLCROFT & MITCHAM (1996), em ‘Brewster’ por RIVERA-LÓPEZ et al. (1999) e em ‘Huaizhi’ por JIANG et al. (2004).

PENG & CHENG (2001) não observaram efeito significativo do tratamento hidrotérmico (98 °C), por 3 segundos, seguido de resfriamento em ácido (pH = 0,5), por 5 minutos, no teor de sólidos solúveis de lichias ‘Heye’.

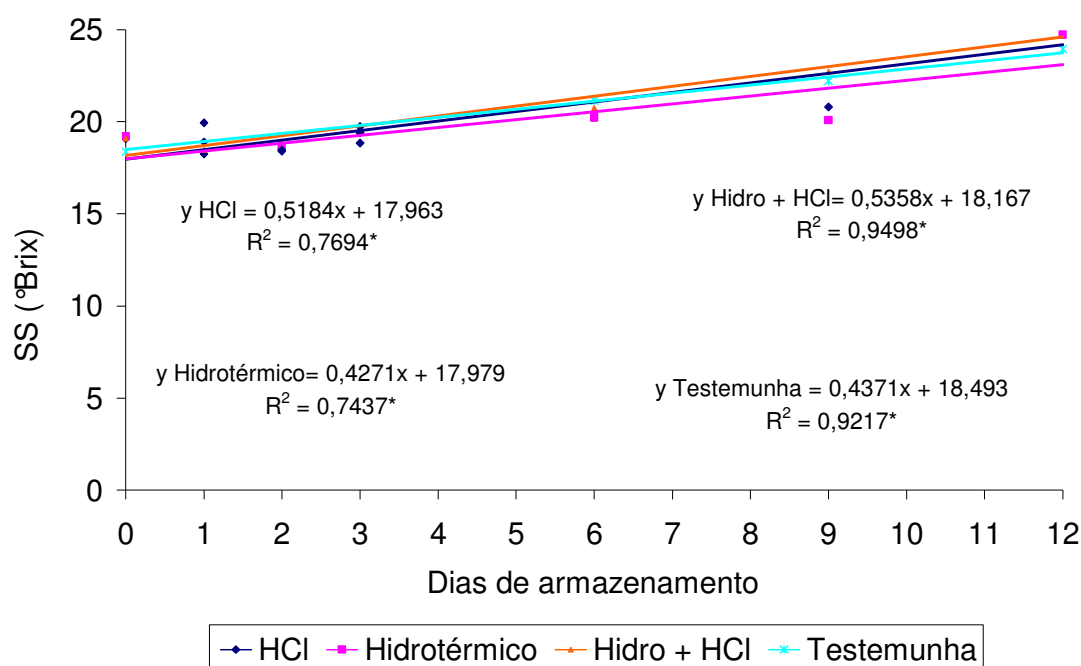


FIGURA 3 – Teor de sólidos solúveis (SS) na polpa de lichias 'Bengal' submetidas a tratamento hidrotérmico, associado ou não com imersão em HCl a 0,087M, e armazenadas sob condição de ambiente (20 °C; 82 %UR).

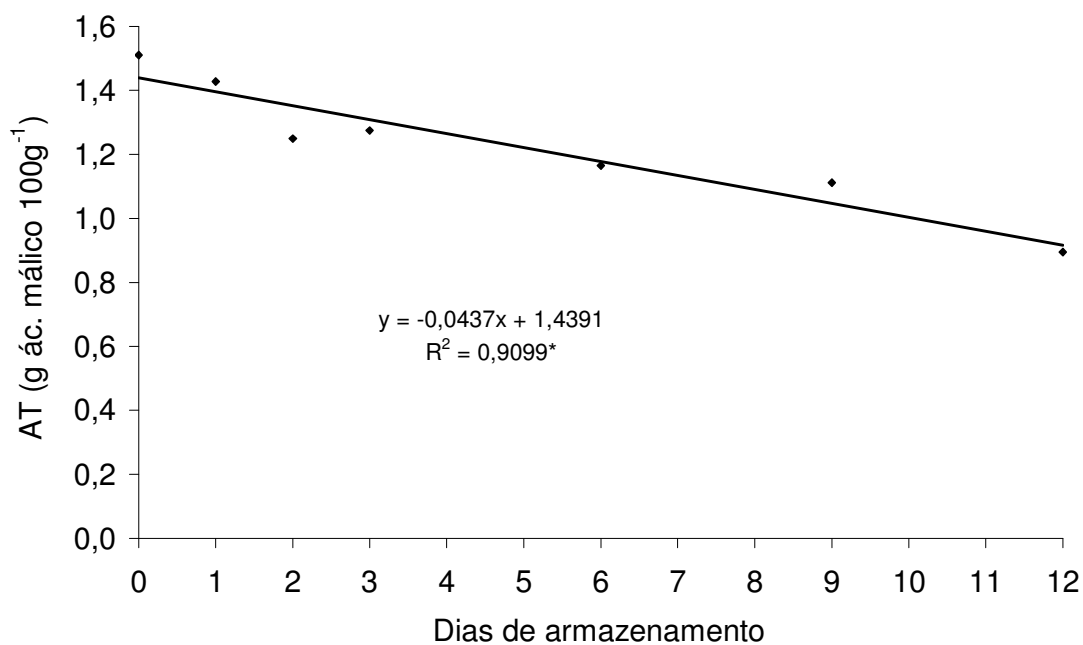


FIGURA 4 – Acidez titulável (AT) na polpa de lichias 'Bengal' submetidas a tratamento hidrotérmico, associado ou não com imersão em HCl a 0,087M, e armazenadas sob condição de ambiente (20 °C; 82 %UR).

Como consequência da redução na acidez titulável, os frutos de todos os tratamentos apresentaram aumento no pH, ao longo do período de armazenamento (Figura 5). Os valores de pH da polpa dos frutos submetidos aos tratamentos não se mostraram diferentes, e aumentaram de 3,21 para 3,88.

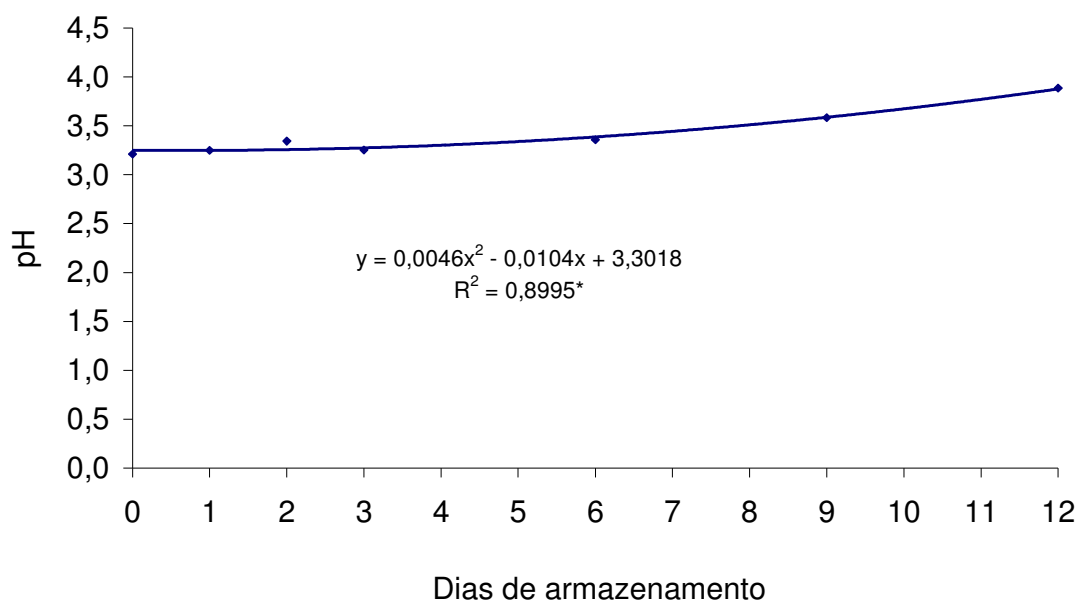


FIGURA 5 – pH da polpa de lichias 'Bengal' submetidas a tratamento hidrotérmico, associado ou não com imersão em HCl a 0,087M, e armazenadas sob condição de ambiente (20 °C; 82 %UR).

Houve interação significativa entre os tratamentos e o tempo de armazenamento para a relação entre os teores de sólidos solúveis e acidez titulável (SS/AT), que aumentou durante o período de armazenamento (Figura 6). Nos frutos que receberam somente o tratamento Hidrotérmico, esta relação foi menor, o que pode ser devido ao menor teor de sólidos solúveis e à utilização dos ácidos na respiração.

Esta relação é um índice bastante utilizado para a determinação da maturação e da palatabilidade de frutos, pois indica o equilíbrio entre os teores de ácidos orgânicos e de açúcares (CHITARRA & CHITARRA, 2005).

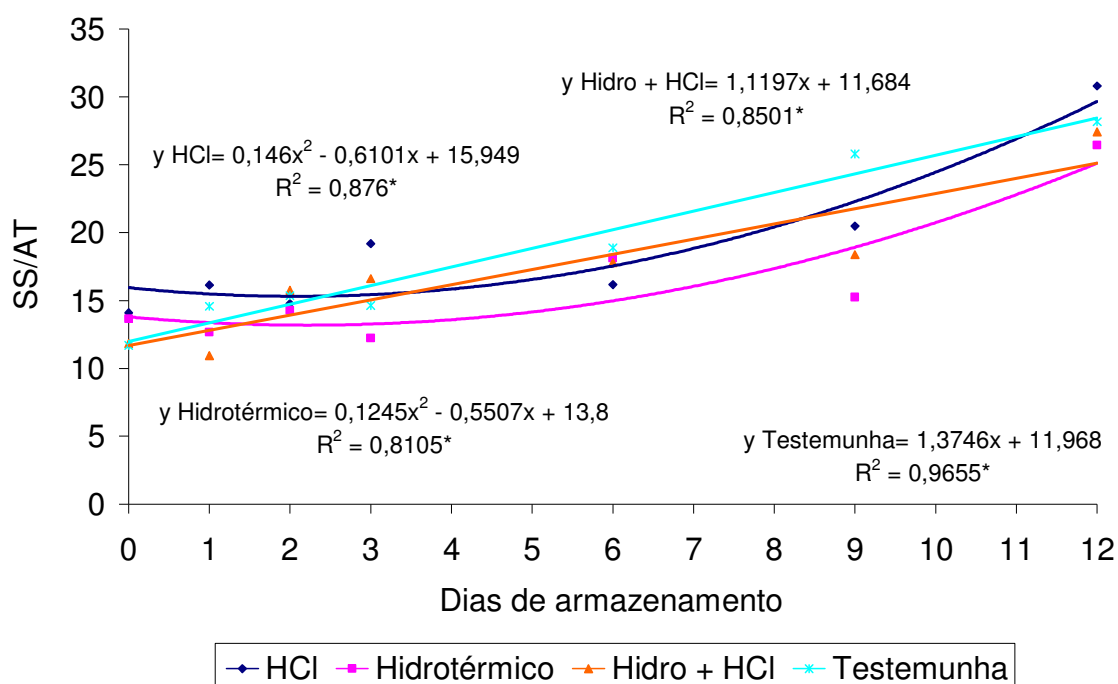


FIGURA 6 – Relação entre os teores de sólidos solúveis e acidez titulável (SS/AT) na polpa de lichias 'Bengal' submetidas a tratamento hidrotérmico, associado ou não com imersão em HCl a 0,087M, e armazenadas sob condição de ambiente (20 °C; 82 %UR).

Os teores de ácido ascórbico na polpa dos frutos tratados com HCl a 0,087M, por 6 minutos, se apresentaram menores que nos frutos submetidos aos outros tratamentos (Figura 7), o que pode ser resultado de oxidações, e não foi o observado por JIANG et al. (2004) em lichias 'Huaizhi'.

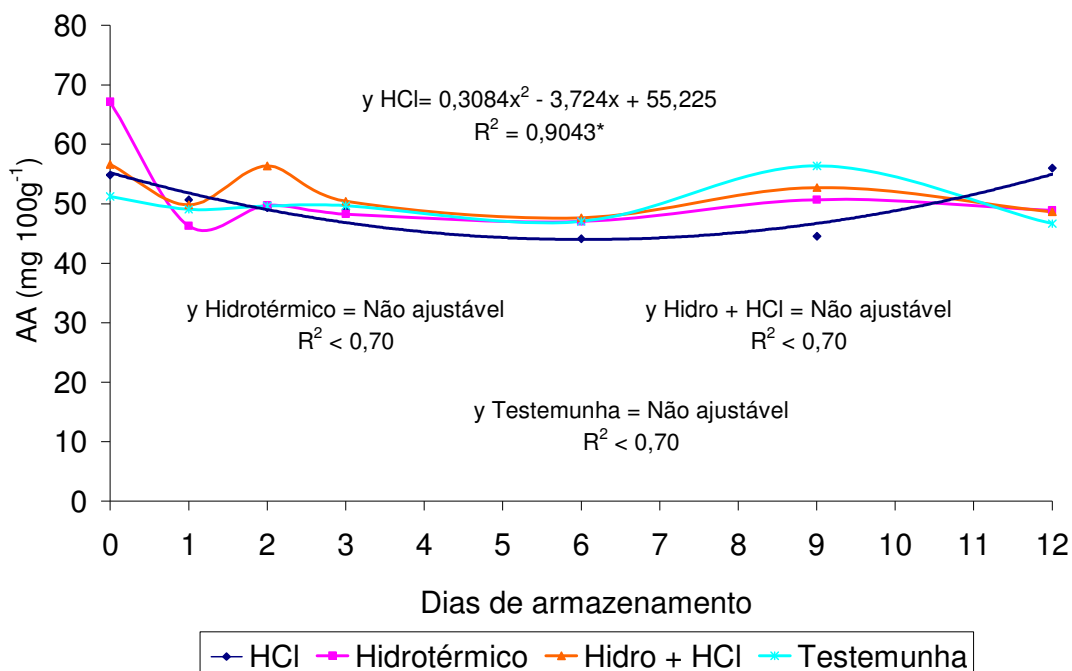


FIGURA 7 – Teor de ácido ascórbico (AA) na polpa de lichias ‘Bengal’ submetidas a tratamento hidrotérmico, associado ou não com imersão em HCl a 0,087M, e armazenadas sob condição de ambiente (20 °C; 82 %UR).

No início do armazenamento, a casca dos frutos apresentava tonalidade vermelha, com hue = 33,81, cromaticidade = 45,86 e luminosidade = 44,65. O aumento nos valores de hue e a diminuição nos de cromaticidade (Figuras 8 e 9) e variação na luminosidade (Figura 10), durante o armazenamento, indicam que a coloração da casca dos frutos tornou-se vermelha escurecida. Segundo ZAUBERMAN et al. (1991), a cor vermelha da casca de lichias pode ser preservada se o pH do pericarpo permanecer ácido, o que pode ser conseguido com a imersão dos frutos em soluções diluídas de HCl, que converte os pigmentos escuros a íons flavino. Este efeito do tratamento com HCl não foi observado neste experimento.

SOUZA et al. (2010), estudando lichias ‘Bengal’ submetidas a tratamento hidrotérmico, concluíram que os melhores tratamentos para a manutenção dos valores de luminosidade para os frutos foram os de 5 e 10 minutos de imersão em água a 45°C. Os tratamentos que foram submetidos por 15, 20 e 25 minutos apresentaram diminuição significativa nos valores deste parâmetro.

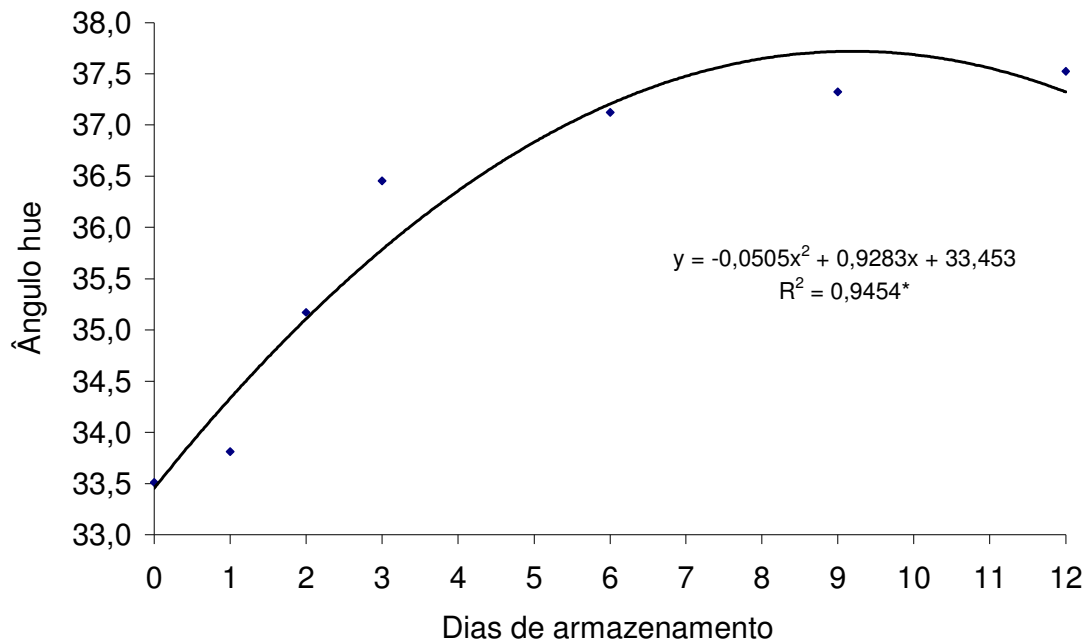


FIGURA 8 – Ângulo hue da casca de lichias ‘Bengal’ submetidas a tratamento hidrotérmico, associado ou não com imersão em HCl a 0,087M, e armazenadas sob condição ambiente (20 °C; 82 %UR).

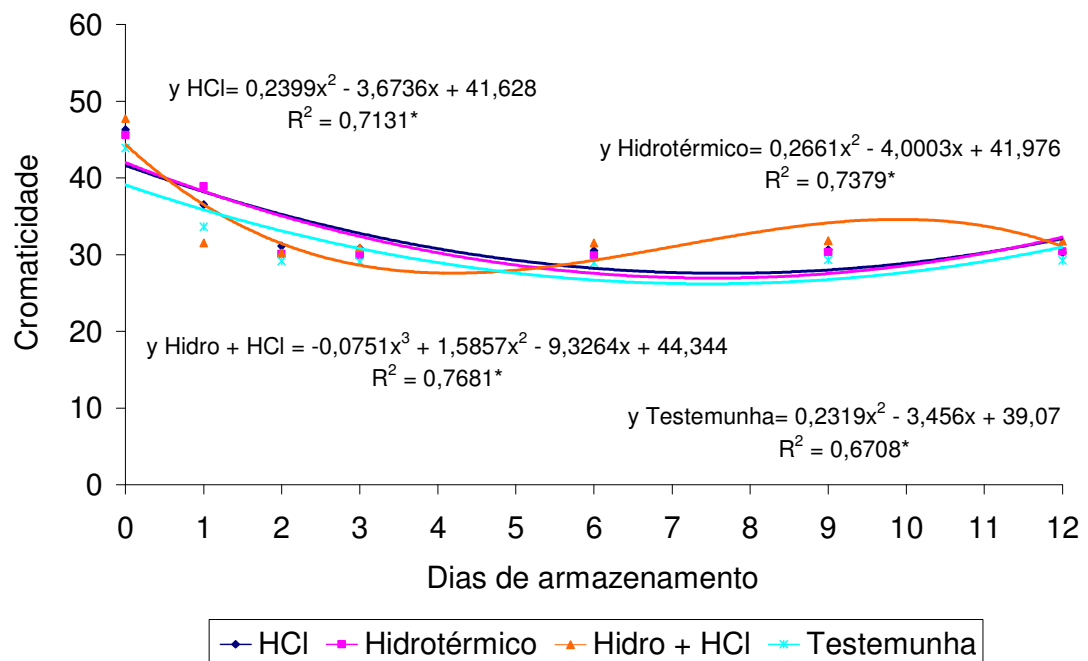


FIGURA 9 – Cromaticidade da casca de lichias ‘Bengal’ submetidas a tratamento hidrotérmico, associado ou não com imersão em HCl a 0,087M, e armazenadas sob condição de ambiente (20 °C; 82 %UR).

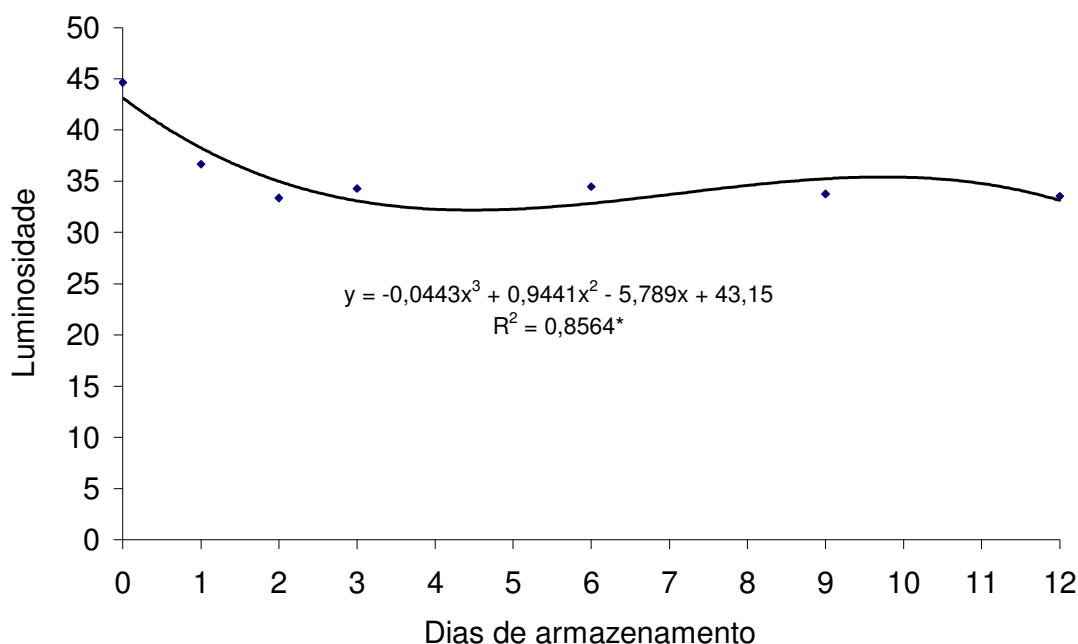


FIGURA 10 – Luminosidade da casca de lichias 'Bengal' submetidas a tratamento hidrotérmico, associado ou não com imersão em HCl a 0,087M, e armazenadas sob condição de ambiente (20 °C; 82 %UR).

A evolução na coloração determinada objetivamente por colorimetria (Figuras 8, 9 e 10), não foi observada visualmente, ou seja, que a aplicação de HCl influenciou positivamente na manutenção da aparência dos frutos. Neste período, os frutos submetidos ao tratamento hidrotérmico seguido de resfriamento em HCl a 0,087M (Hidro + HCl), somente 25% da casca estava escurecida, ou com nota 4 (Figuras 11 e 12). Este escurecimento da casca somente atingiu a área superficial dos frutos.

Efeito semelhante também foi relatado por HUANG & SCOTT (1985) que trabalharam com lichias 'Sui Dong', armazenadas a 28-31 °C e 90-95 %UR.

LICHTER et al. (2000), no entanto, ao armazenarem lichias 'Mauritius' pulverizadas com água quente (55 °C por 20 segundos), seguido de tratamento com ácido clorídrico a 4%, por 15-30 minutos, relataram que a cor vermelha manteve-se por até 35 dias, mas sem que a ocorrência de manchas marrons e rachaduras na casca, que não comprometiam a qualidade interna ou o sabor, fosse considerada.

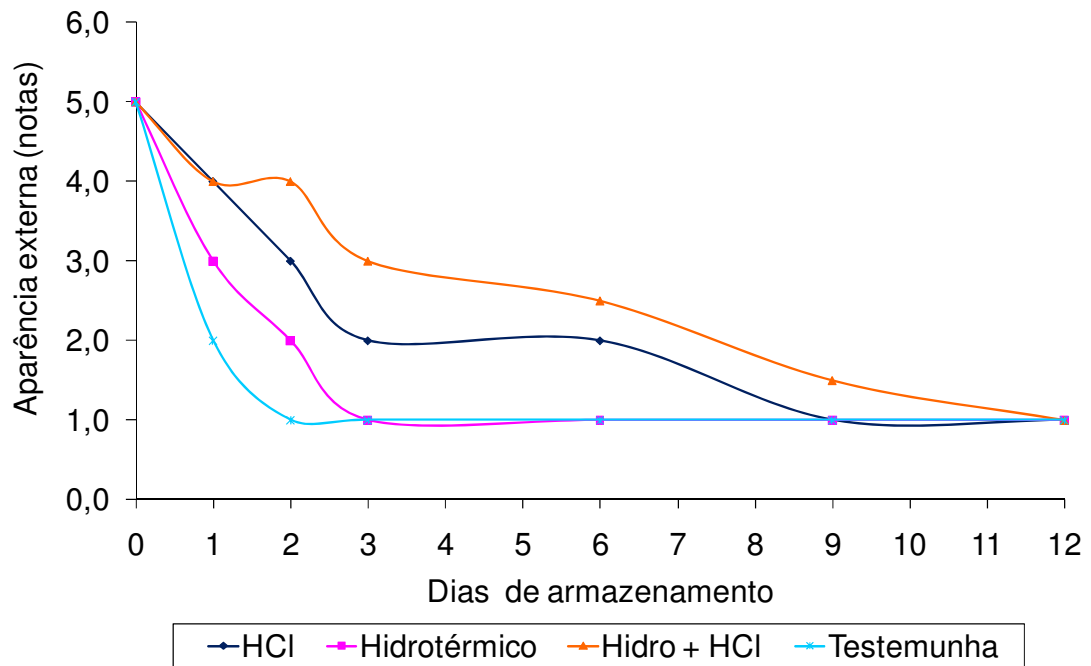


FIGURA 11 – Aparência de lichias 'Bengal' submetidas a tratamento hidrotérmico, associado ou não com imersão em HCl a 0,087M, e armazenadas sob condição de ambiente (20 °C; 82 %UR) (Notas: 5= vermelho-brilhante; 4= 25% da casca escurecida; 3= 50% da casca escurecida; 2= 75% da casca escurecida; e 1= completamente escurecida).

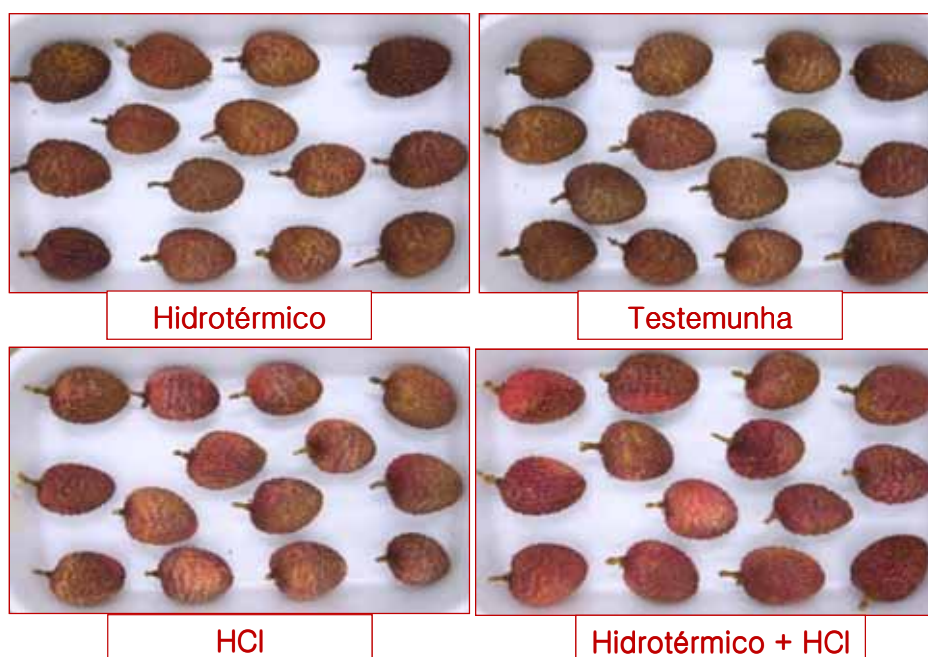


FIGURA 12 – Aspecto das lichias ‘Bengal’ submetidas a tratamento hidrotérmico, associado ou não com imersão em HCl a 0,087M, e armazenadas por 2 dias sob condição de ambiente (20 °C; 82 %UR).

Observou-se também, redução significativa no teor de antocianina da casca dos frutos, ao longo do armazenamento (Figura 13). A melhor conservação deste pigmento foi nos que receberam o tratamento hidrotérmico, com resfriamento em HCl, seguido dos tratados com HCl. A manutenção dos teores mais elevados de antocianina na casca é resultado de sua degradação menos intensa e tem relação direta com a preservação da aparência, pois o escurecimento tem sido atribuído à degradação deste pigmento pela ação de enzimas oxidativas, polifenoloxidase, peroxidase e ácido ascórbico oxidase (UNDERHILL, 1992). No entanto, LEE & WICKER (1991) não observaram relação entre os teores de antocianina e a cor vermelha do pericarpo de lichias.

Em lichias ‘Wai Chee’, tratadas com HCl a 1M por 2 minutos, e armazenadas a 25 °C e 60 %UR, UNDERHILL & CRITCHLEY (1994) também observaram redução no teor de antocianina, sem que houvesse relação entre esta taxa de redução e a perda de massa. Quando armazenaram lichias ‘Bengal’ a 25 °C e 60 %UR, estes autores também relataram decréscimo no teor de antocianina, mas relacionaram esta

degradação com a perda de umidade e o desenvolvimento de escurecimento no pericarpo (UNDERHILL & CRITCHLEY, 1993), o que foi reafirmado por ZHANG et al. (2001), que armazenarem lichias 'Huaizhi' a 30 °C e 70 %UR e que também foi o observado neste trabalho (Figuras 1 e 13).

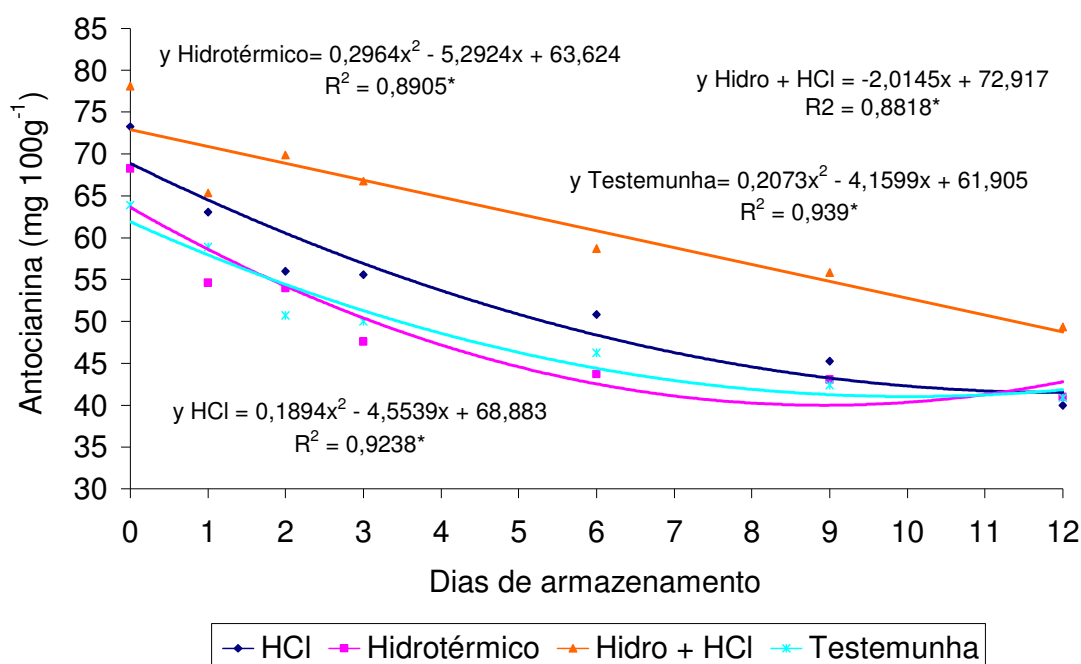


FIGURA 13 – Teor de antocianina na casca de lichias 'Bengal' submetidas a tratamento hidrotérmico, associado ou não com imersão em HCl a 0,087M, e armazenadas sob condição de ambiente (20 °C; 82 %UR).

Os resultados obtidos neste trabalho indicam que a atividade da polifenoloxidase (PPO) na casca das lichias submetidas aos diferentes tratamentos e armazenadas a 20 °C e 82 %UR aumentou em todos os tratamentos até o 3º dia, seguido de estabilização (Figura 14). A atividade desta enzima foi maior nos frutos do Testemunha, com aumento de 6,31 para 10,88 $\mu\text{mol de fenol consumido min}^{-1} \text{ g}^{-1}$, enquanto no tratamento com imersão em HCl aumentou de 4,50 para 7,88 $\mu\text{mol de fenol consumido min}^{-1} \text{ g}^{-1}$, no Hidrotérmico, de 4,08 para 8,25 $\mu\text{mol de fenol consumido min}^{-1} \text{ g}^{-1}$, e no Hidrotérmico seguido de resfriamento em HCl, de 3,55 para 7,45 $\mu\text{mol de fenol consumido min}^{-1} \text{ g}^{-1}$. Aumento semelhante, durante os primeiros dois dias de armazenamento, também foi relatado por LIN et al. (1988), enquanto UNDERHILL & CRITCHLEY (1993 e 1994),

LICHTER et al. (2000) e SOUZA et al. (2010) relataram redução progressiva nesta atividade. ZAUBERMAN et al. (1991) não encontraram mudanças significativas na atividade da PPO durante este período. Estes resultados discordantes podem ser devidos às diferenças entre os métodos utilizados e/ou cultivares estudadas.

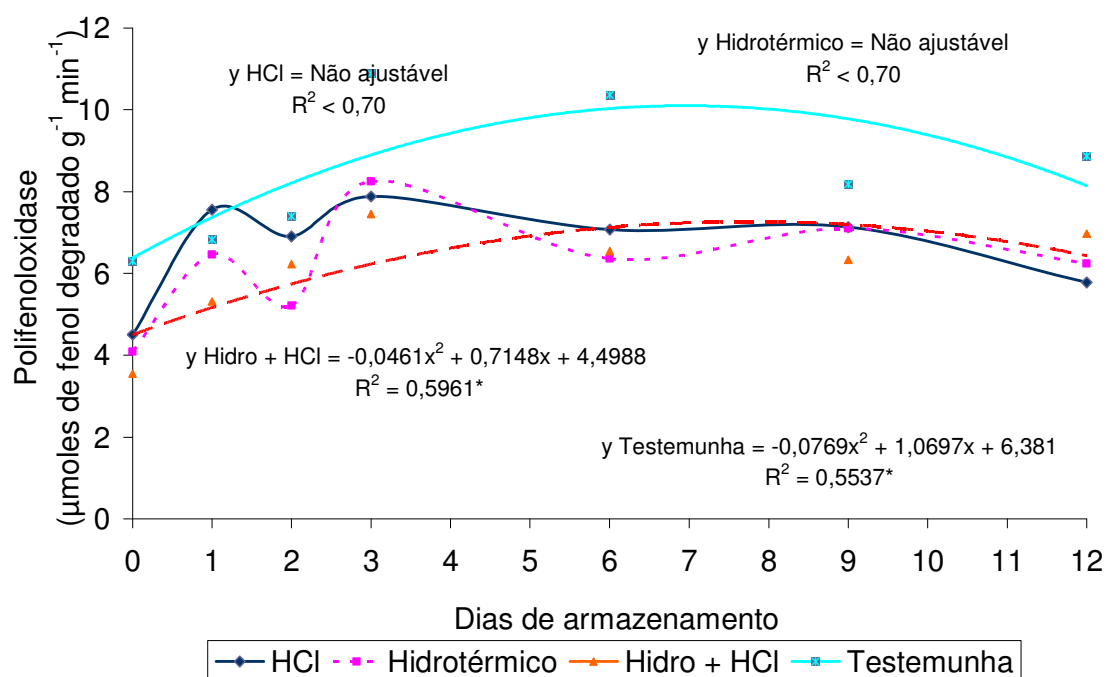


FIGURA 14 – Atividade da polifenoloxidase na casca de lichias 'Bengal' submetidas a tratamento hidrotérmico, associado ou não com imersão em HCl a 0,087M, e armazenadas sob condição de ambiente (20 °C; 82 %UR).

A atividade da peroxidase (POD) na casca dos frutos do Testemunha reduziu-se, enquanto nos tratados ela aumentou até o 6º dia (Figura 15). Nos tratados hidrotérmicamente, resfriados ou não em HCl, este aumento foi pequeno, apesar da possibilidade de regeneração parcial da atividade da peroxidase após o tratamento hidrotérmico (KHAN & ROBINSON, 1993).

Observou-se também, que a atividade da polifenoloxidase e da peroxidase na casca dos frutos submetidos ao tratamento hidrotérmico seguido de resfriamento em HCl a 0,087M (Hidro + HCl) foram as mais reduzidas, indicando que este protegeu as antocianinas, o que vem ao encontro dos teores de antocianina e das notas obtidas para a aparência. Outros autores também observaram que a inibição na atividade da

PPO e da POD retardou o escurecimento do pericarpo em lichias (JIANG & FU, 1999; JIANG et al., 2004) e que há correlação positiva entre a atividade da POD (UNDERHILL & CRITCHLEY, 1994), assim como da PPO (JIANG, 2000), com o escurecimento celular.

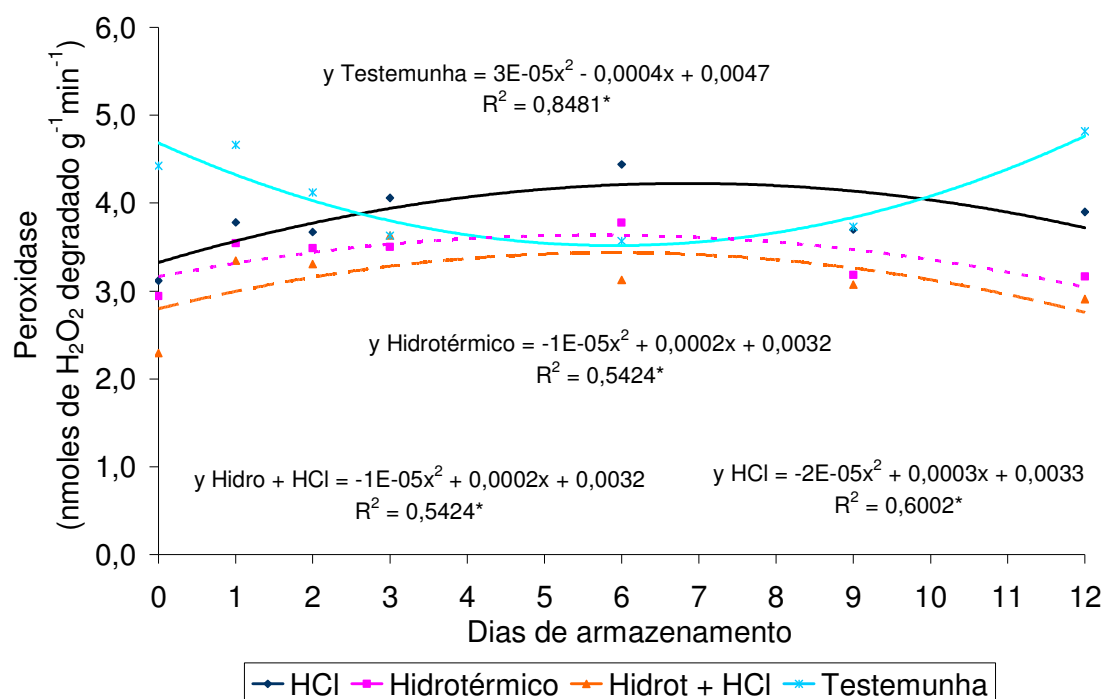


FIGURA 15 – Atividade da peroxidase na casca de lichias 'Bengal' submetidas a tratamento hidrotérmico, associado ou não com imersão em HCl a 0,087M, e armazenadas sob condição de ambiente (20 °C; 82 %UR).

Não se detectou atividade da polifenoloxidase ou da peroxidase na polpa dos frutos submetidos aos diferentes tratamentos, o que reafirma o relatado por UNDERHILL & CRITCHLEY (1993), ou seja, que o escurecimento está restrito ao pericarpo do fruto.

Os resultados obtidos permitem deixar observado que:

A combinação entre os tratamentos hidrotérmico e HCl permitiu conservar a coloração das lichias até o 2º dia, com 25% de escurecimento, e até o 3º dia ,com 50% de escurecimento.

Os tratamentos com HCl e Hidrotérmico não mantiveram a coloração dos frutos, que após 1 dia apresentavam 50% de escurecimento.

A aplicação dos tratamentos não interferiu na qualidade interna e no sabor da polpa dos frutos, que se manteve adequada até o 12º dia.

4.2 Experimento II – Armazenamento de lichias ‘Bengal’ utilizando-se diferentes temperaturas

A caracterização inicial ou no dia da colheita, dos frutos utilizados neste experimento, é apresentada na Tabela 2.

Tabela 2 – Caracterização de lichia ‘Bengal’, recém-colhidos, em 12 de dezembro de 2007.

Variáveis	Média	DP*	Variáveis	Média	DP
Massa (g)	16,5	0,98	Cromaticidade	52,0	5,51
SS (°Brix)	18,0	0,83	Luminosidade	42,0	1,59
AT (ác. málico 100g ⁻¹)	1,4	0,16	Antocianina (mg 100g ⁻¹)	71,3	10,51
pH	3,3	0,10	Polifenoloxidase		
Ácido ascórbico			(μmol de fenol min ⁻¹ g ⁻¹)	6,2	1,29
(mg 100g ⁻¹)	61,4	5,51	Peroxidase		
Ângulo hue	30,3	2,32	(nmol de H ₂ O ₂ min ⁻¹ g ⁻¹)	4,4	0,3

* DP = desvio-padrão.

A perda de massa fresca aumentou significativamente ao longo do período de armazenamento, observando-se a maior intensidade nos frutos mantidos a 20 °C (24,93%) aos 12 dias, seguido dos a 10 °C (27,23%), 2 °C (19,75%) e 5 °C (16,10%), após 24 dias (Figura 16). Isto evidencia o efeito da redução da temperatura na perda de massa por este fruto, como resultado da redução no metabolismo dos mesmos. Resultados inferiores de perda de massa (13%) foram obtidos por NAGAR (1994), em lichias ‘Calcuttia’, durante 10 dias de armazenamento a 25 °C e 80 %UR.

Os resultados obtidos reafirmam o observado por HUANG et al. (2005), que estudando lichias ‘Huaizi’, verificaram que os frutos armazenados a temperatura ambiente ficaram totalmente escurecidos em 6 dias. Sugeriram que a perda de massa

foi responsável pela rápida dessecação do pericarpo, o que pode aumentar o escurecimento.

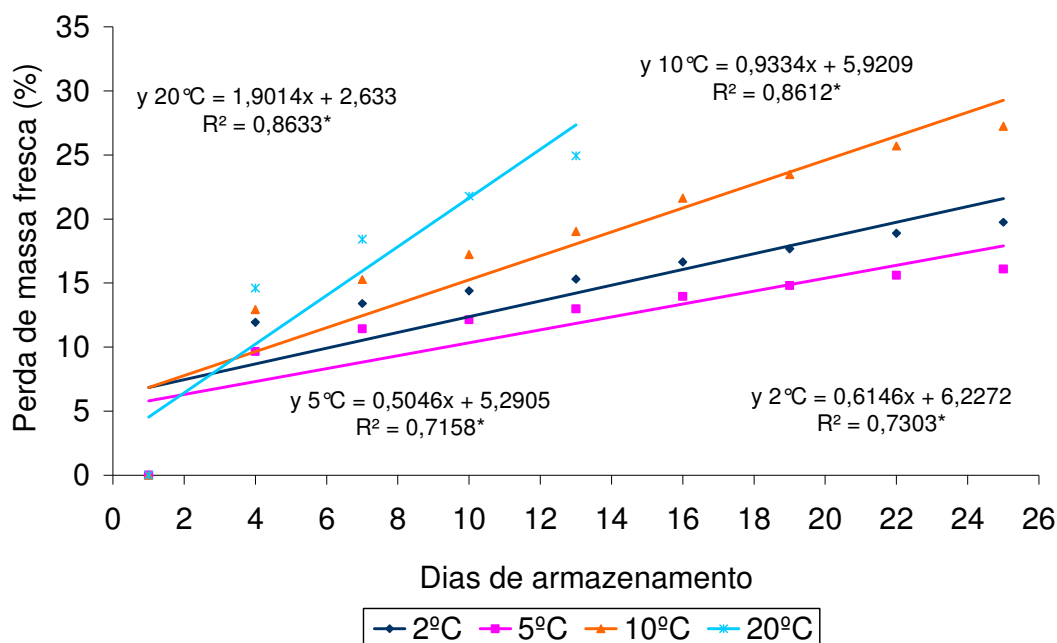


FIGURA 16 – Perda de massa fresca por lichias 'Bengal' armazenadas sob diferentes temperaturas.

Além da temperatura, o armazenamento dos frutos em ambiente com umidade relativa baixa faz com que a perda de massa fresca seja alta, o que é concordante com o observado por JIANG & FU (1999), ou seja, que lichias 'Huaizhi' armazenadas a 20 °C e 60 %UR apresentaram 55% de perda de massa, seguido por 40%, 32% e 19% nas umidades relativas de 70%, 80% e 90%, respectivamente, em 3 dias de armazenamento.

SAAVEDRA DEL AGUILA (2010) relata que a perda de massa fresca em lichias 'Bengal' 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 e 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 (8,1%). Este valor está superior ao encontrado neste trabalho, e foi atribuído ao uso de filme de policloreto de vinila (PVC) de 0,014mm.

De acordo com UNDERHILL & CRITCHLEY (1993), o fruto da lichia é propenso à transpiração, ou inicialmente causa dano à sua aparência, pela perda da coloração vermelha, característica do produto fresco, tornando-se marrom, pela perda de água pelo pericarpo. Esta desidratação causa micro fermentos na superfície do fruto (pericarpo), acelerando a perda de água e o seu escurecimento. Eventualmente, o arilo também perde água e o fruto fica flácido e insípido.

Observou-se também, em todos os tratamentos, que as temperaturas mais baixas exerceram forte influência sobre a redução na taxa respiratória (Figura 17). Nos frutos armazenados a 2 °C e 5 °C, a intensidade respiratória permaneceu constante e menor que a dos demais tratamentos (CHITARRA, 1998; FONSECA et al., 2002).

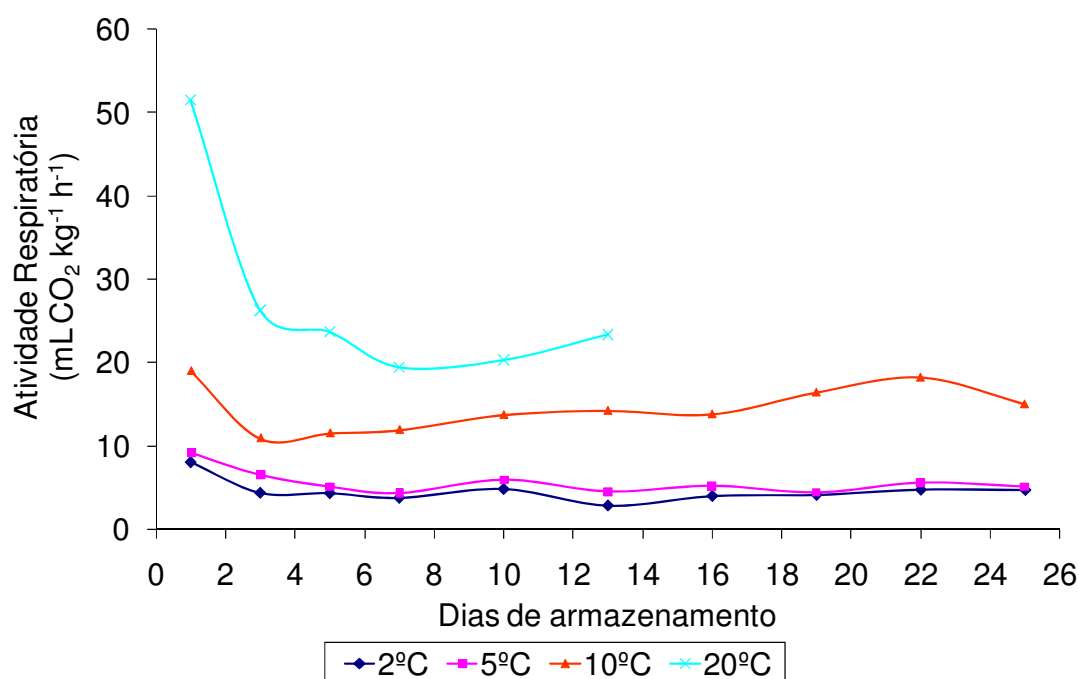


FIGURA 17 – Atividade respiratória de lichias 'Bengal' armazenadas sob diferentes temperaturas.

Dados semelhantes foram encontrados por PESIS et al. (2002), que verificaram valores significativamente superiores de taxa respiratória em lichias 'Mauritius' armazenadas a 20 °C, quando comparadas aos frutos armazenados a 2 °C.

SAAVEDRA DEL AGUILA (2010) também observou que a taxa respiratória aumentou à medida que a temperatura de armazenamento foi incrementada.

Nota-se ainda que os frutos não apresentaram pico de respiração ao longo do armazenamento, em nenhum dos tratamentos, apresentando padrão não climatério, característico de lichias. Estes resultados são concordantes com PAULL & CHEN (2000) que obtiveram algum acréscimo na atividade respiratória até o primeiro dia de armazenamento, seguido de redução contínua até o 8º dia, em lichias armazenadas a 22 °C. NAGAR (1994) também observou decréscimo na respiração de lichias 'Calcuttia', durante os 10 dias de armazenamento a 25 °C e 80 %UR.

De acordo com CHEN et al. (1987), a taxa respiratória de lichia é alta, próximo de 200 mL CO₂ kg⁻¹ h⁻¹ à temperatura ambiente e de 60-80 mL CO₂ kg⁻¹ h⁻¹, sob armazenamento refrigerado. Estes valores estão superiores aos encontrados neste trabalho, e foi atribuído à redução no estresse sofrido pelos frutos na colheita, transporte e tratamentos.

O armazenamento sob baixas temperaturas, logo em seguida à colheita, é a técnica mais utilizada para prolongar a conservação dos frutos. A redução da temperatura faz com que as reações enzimáticas, especialmente as associadas à respiração e senescência, ocorram mais lentamente. Essa diminuição propicia menores perdas aos atributos de qualidade dos frutos (BRON et al., 2002).

Ao longo do armazenamento, o teor de sólidos solúveis (SS) na polpa aumentou de forma linear (Figura 18) e com intensidade diretamente relacionada com a temperatura, sugerindo que o metabolismo dos frutos influiu no aumento deste teor, dada a transformação das reservas acumuladas durante a formação e desenvolvimento dos frutos em açúcares solúveis e da menor perda de massa fresca (WILLS et al., 1998). Estes dados são discordantes dos observados por NAGAR (1994), que obteve redução nos teores de SS em lichias 'Calcuttia' durante os 10 dias de armazenamento a 25 °C e 80 %UR. De forma similar, HUANG & WANG (1990), em lichias 'Hei Ye' armazenadas a 0 °C, 2 °C, 5 °C e 20 °C observaram redução neste parâmetro nos frutos armazenados a 20 °C e pequena variação nos demais tratamentos durante os 27 dias de armazenamento.

JIANG et al. (2004), ao armazenarem frutos da cv. Huaizhi, por 12 dias a 25 °C e 80-90 %UR, também observaram redução nos teores de sólidos solúveis, de 15,7% para 15,1% nos frutos do controle e de 16,6% para 15,2% nos frutos tratados com HCl a 1%. Estes autores relacionaram este decréscimo à respiração, devido ao uso dos açúcares como seus substratos.

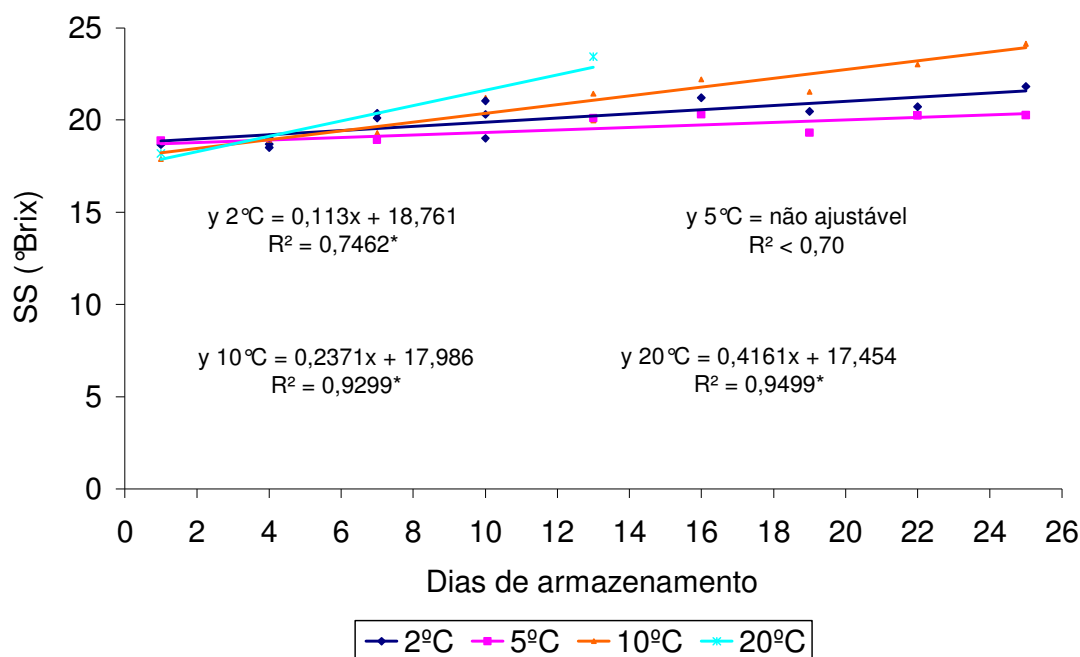


FIGURA 18 – Teor de sólidos solúveis (SS) na polpa de lichias 'Bengal' armazenadas sob diferentes temperaturas.

Os frutos armazenados a 20 °C apresentaram redução expressiva na acidez titulável durante o período de armazenamento (Figura 19), o que é concordante com o relatado por NAGAR (1994), que observou decréscimo de até 50% na acidez de lichias 'Calcuttia' durante os 10 dias de armazenamento a 25 °C e 80 %UR. JIANG et al. (2004), também relataram diminuição nos valores de acidez titulável, de 0,61% a 0,58%, em lichias tratadas com HCl a 1% e de 0,69% a 0,61% em frutos não tratados, após 12 dias de armazenamento. Esta redução indica que os ácidos orgânicos devem ter sido utilizados como substratos respiratórios e como esqueletos de carbono para a síntese de novos compostos (KAYS, 1999). Por outro lado, HUANG & WANG (1990)

não observaram diferenças na acidez de lichias 'Hei Ye' armazenadas a 0 °C, 2 °C, 5 °C e 20 °C, durante 27 dias de armazenamento.

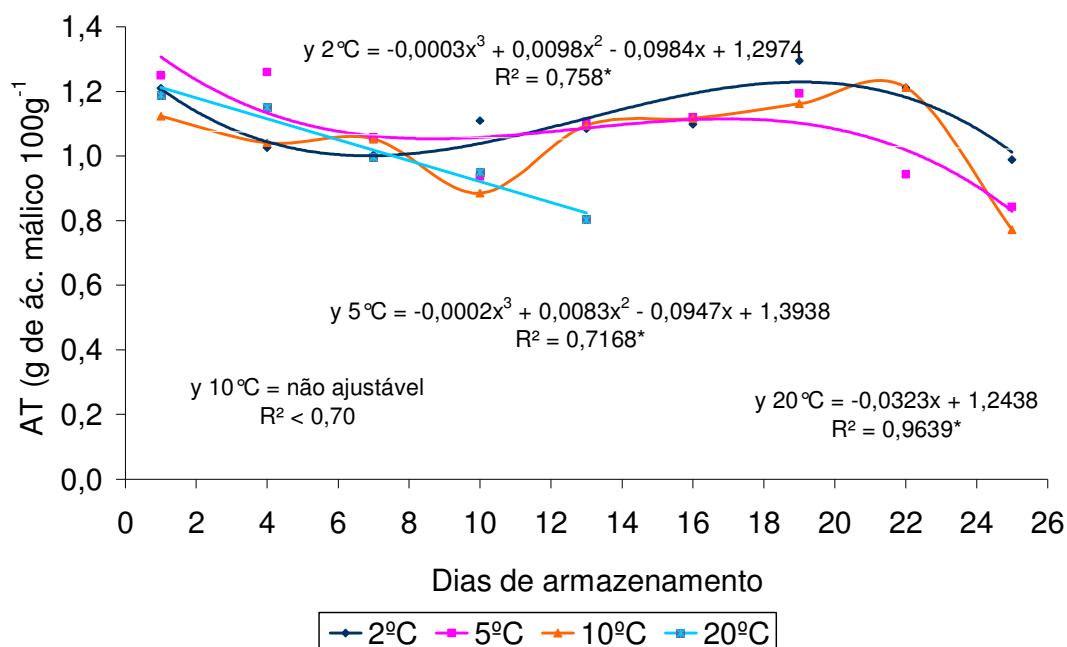


FIGURA 19 – Acidez titulável (AT) na polpa de lichias 'Bengal' armazenadas sob diferentes temperaturas.

A redução na acidez titulável implicou em aumento no pH, ao longo do armazenamento e também influenciado pelas temperaturas de armazenamento (Figura 20). Observa-se que os frutos armazenados a 20 °C apresentaram maior aumento no pH da polpa durante o armazenamento. Estes resultados são semelhantes aos encontrados por ZHEN & TIAN (2006), que observaram em lichia 'Huaizhi' aumento nos valores de pH, que variaram de 4,43, logo após a colheita, para 4,73, após 4 dias. Aumento também foi observado por LEUNG et al. (2003) em lichias 'Yook Ho Pow' armazenadas a 25 °C, por 5 dias, e por CHU et al. (2004) em lichias 'San Yue Hong' armazenadas sob as mesmas condições. Acréscimos nos valores de pH da polpa de lichias 'Groff', também foram relatados por PAULL et al. (1984), ao longo do período de armazenamento.

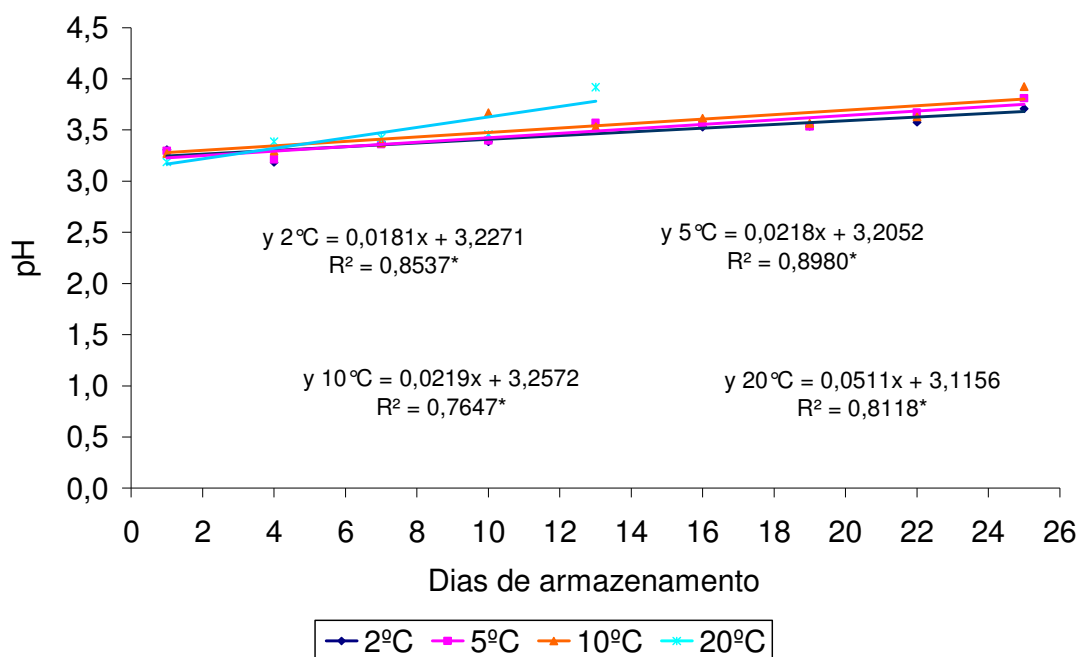


FIGURA 20 – pH da polpa de lichias 'Bengal' armazenadas sob diferentes temperaturas.

Observou-se aumento na relação entre sólidos solúveis e acidez titulável (SS/AT), durante todo o período de armazenamento (Figura 21), com os frutos a 20 °C apresentando maior relação que os armazenados sob as menores temperaturas. Este aumento foi consequência do aumento no teor de sólidos solúveis e da diminuição no de acidez titulável, ao longo do período de armazenamento, indicando aumento na intensidade do sabor adocicado dos frutos.

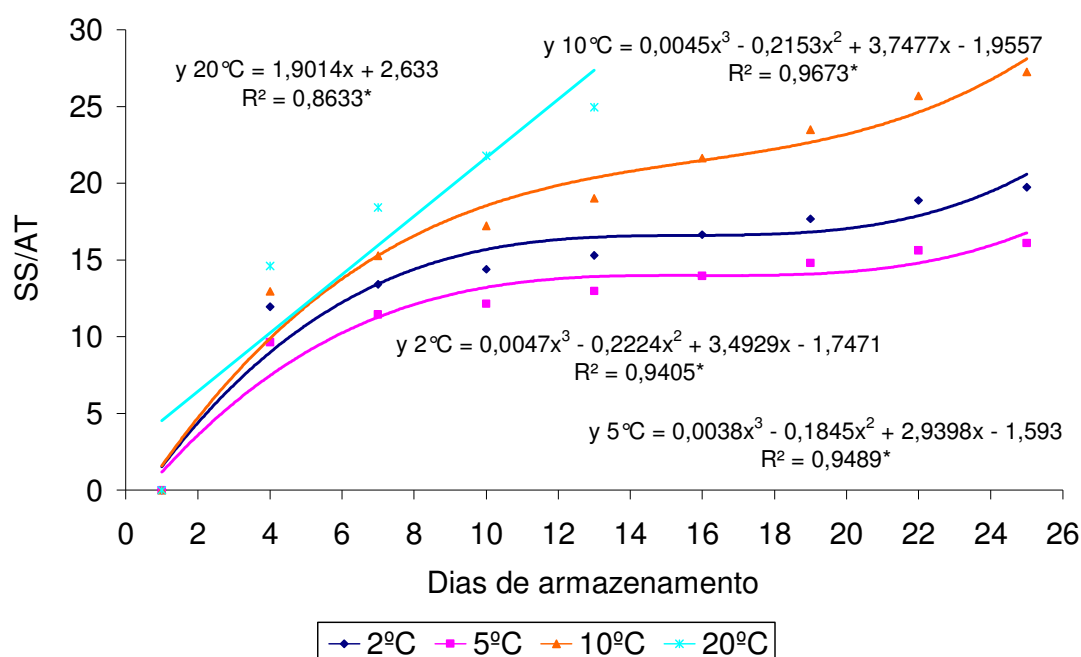


FIGURA 21 – Relação entre os teores de sólidos solúveis e acidez titulável (SS/AT) na polpa de lichias 'Bengal' armazenadas sob diferentes temperaturas.

Os teores de ácido ascórbico apresentaram diminuição contínua na polpa dos frutos armazenados a 20 °C, enquanto nos demais tratamentos observou-se reduções com menor intensidade (Figura 22). Esta observação reafirma o indicado por LEE & KADER (2000), ou seja, que há relação direta entre a atividade metabólica nos frutos, indicada pela respiração, e a redução no teor de ácido ascórbico. Resultados semelhantes foram obtidos por NAGAR (1994), que também observou redução nos teores de ácido ascórbico em lichias 'Calcuttia' armazenadas a 25 °C e 80 %UR, por 10 dias. E também por SAAVEDRA DEL AGUILA (2010) em lichias 'Bengal' armazenadas em diferentes temperaturas (0 °C, 5 °C, 10 °C, 15 °C e 20 °C), 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.

FOYER et al. (1994) explicaram que durante a senescência, o ácido ascórbico do fruto é utilizado em reações oxidativas, que são ativadas pelos estresses sofridos pelas membranas celulares durante este período.

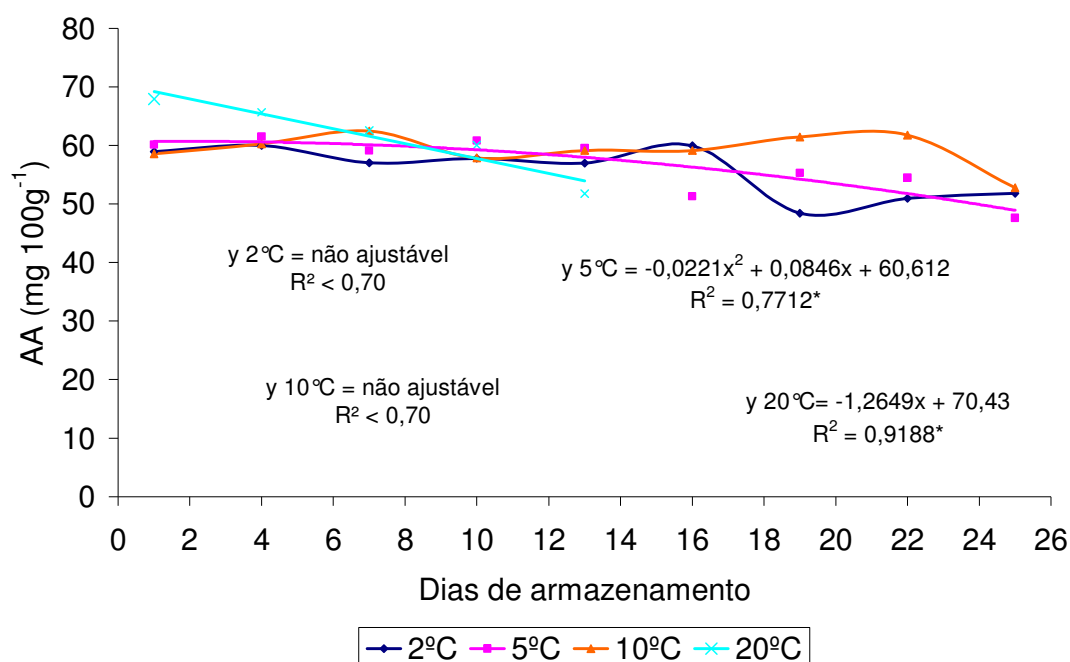


FIGURA 22 – Teor de ácido ascórbico (AA) na polpa de lichias 'Bengal' armazenadas sob diferentes temperaturas.

Dentre os parâmetros que caracterizam a coloração dos frutos, o ângulo hue não foi influenciado pelo tempo de armazenamento, mas somente pelas temperaturas (Tabela 3). Os frutos armazenados a 10 °C e 20 °C apresentaram maior ângulo hue, menor cromaticidade (Figura 23) e menor luminosidade (Figura 24) que os frutos armazenados a 5 °C e a 2 °C, indicando que as temperaturas mais baixas foram as mais efetivas na retenção da cor vermelha.

Diminuição na luminosidade e no ângulo hue de lichias, também foi relatado por WONG et al. (1991) e JACOBI et al. (1993), em lichias 'Tai So', 'Kwai May Pink' e 'Wai Che' armazenadas a 5 °C durante 28 dias, o que também foi observado por HUANG & WANG (1990), em lichias 'Hei Ye' armazenadas a 0 °C, 2 °C, 5 °C e 20 °C, durante 27 dias e por SAAVEDRA DEL AGUILA (2010), em lichias 'Bengal' armazenadas 0 °C, 5 °C, 10 °C, 15 °C e 20 °C, por 15 dias.

RIVERA-LOPES et al. (1999) estudaram a coloração de lichia e verificaram que a luminosidade diminui com o amadurecimento e que a diminuição neste parâmetro indica aumento na senescência. A perda de coloração pelo pericarpo, observada neste

trabalho, é indicada pelo rápido decréscimo na luminosidade dos frutos armazenados a 20 °C e maior ângulo hue, que resultou em escurecimento e conseqüente depreciação na aparência e perda em seu valor comercial. Isto foi devido à maior temperatura de armazenamento e à maior perda de umidade pelo fruto.

Tabela 3. Valores médios do ângulo hue da casca de lichias 'Bengal' armazenadas sob diferentes temperaturas.

Tratamento	Ângulo hue
2 °C	24,44 c
5 °C	29,74 b
10 °C	32,69a
20 °C	34,56a
CV (%)	9,49

Médias seguidas de pelo menos uma mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

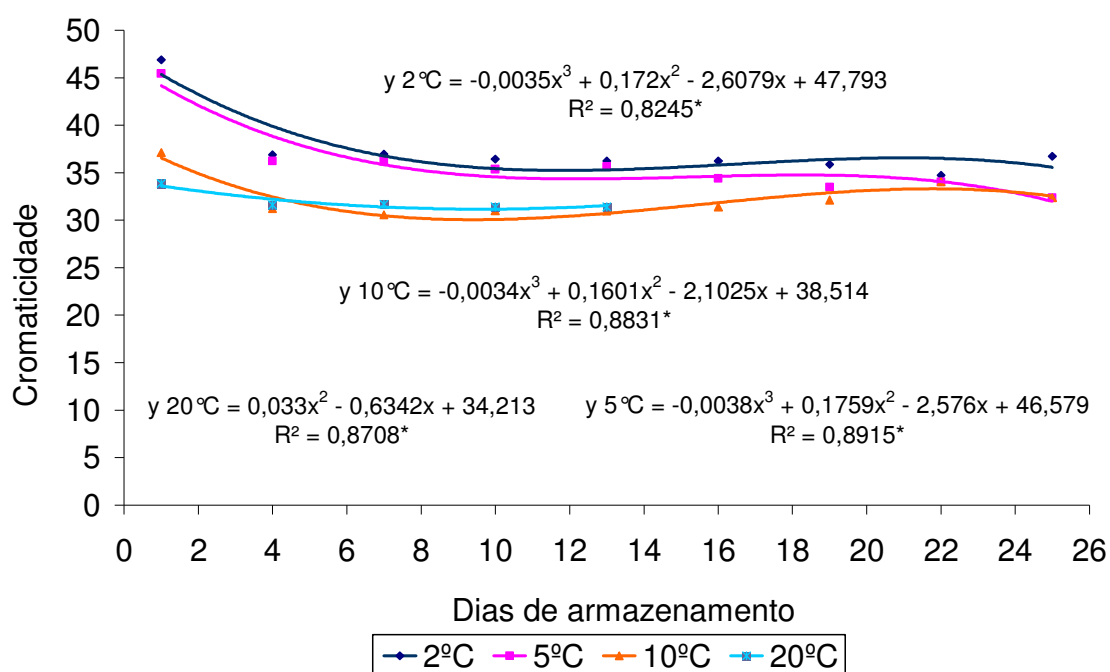


FIGURA 23 – Cromaticidade da casca de lichias 'Bengal' armazenadas sob diferentes temperaturas.

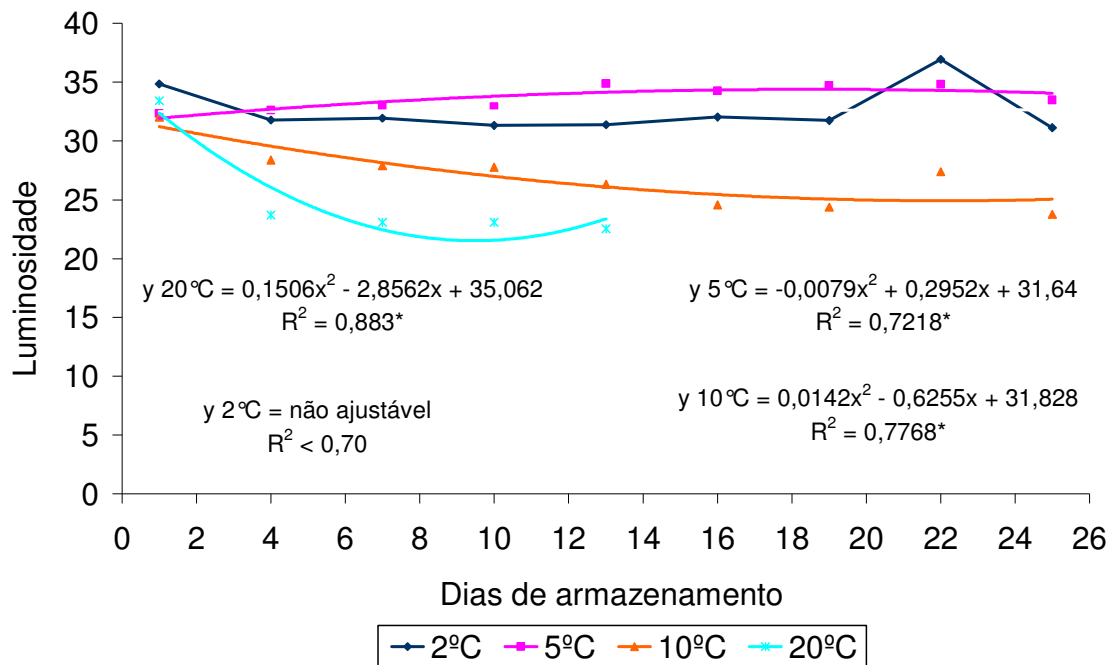


FIGURA 24 – Luminosidade da casca de lichias 'Bengal' armazenadas sob diferentes temperaturas.

A variação na aparência, determinada visualmente (Figuras 25 e 26) indica que o início do escurecimento, nos frutos armazenados a 2 °C e 5 °C, só aconteceu após o 10º dia, enquanto neste período, os frutos mantidos a 20 °C já se apresentavam com a casca totalmente escurecida, nota 1, reafirmando o efeito retardador das menores temperaturas no escurecimento. Segundo OLESEN et al. (2003), a temperatura ótima para o armazenamento de lichias, visando a retenção da cor vermelha do pericarpo, está entre 5 °C e 10 °C, mas para o controle do desenvolvimento de podridões, esta temperatura se encontra entre 2 °C e 5 °C.

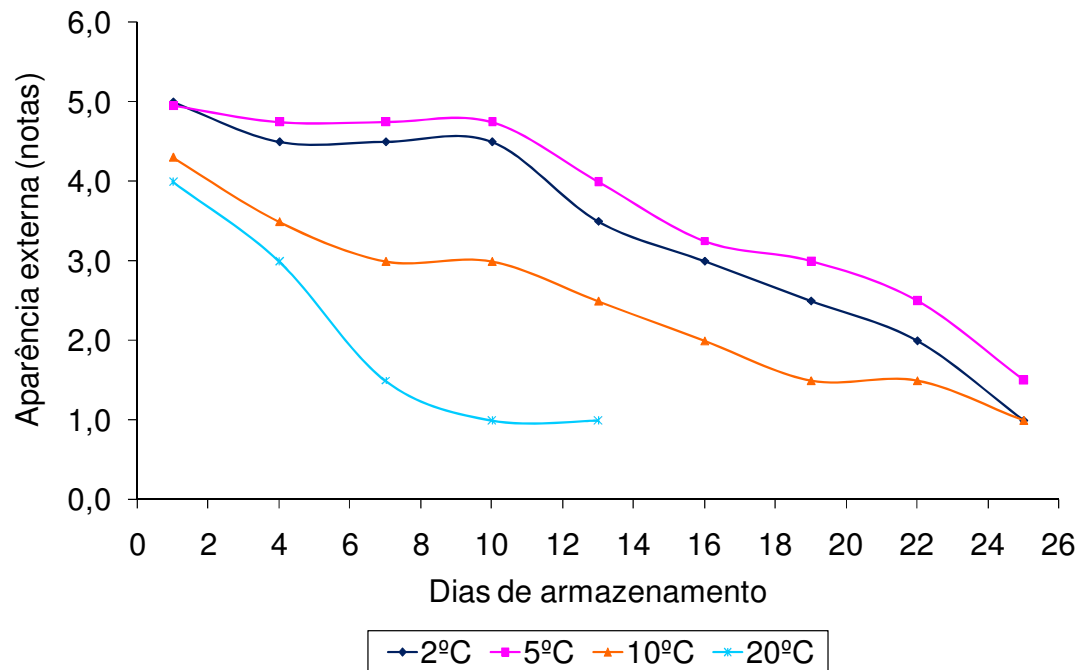


FIGURA 25 – Aparência de lichias 'Bengal' armazenadas sob diferentes temperaturas (Notas: 5= vermelho-brilhante; 4= 25% da casca escurecida; 3= 50% da casca escurecida; 2= 75% da casca escurecida; e 1= completamente escurecida).

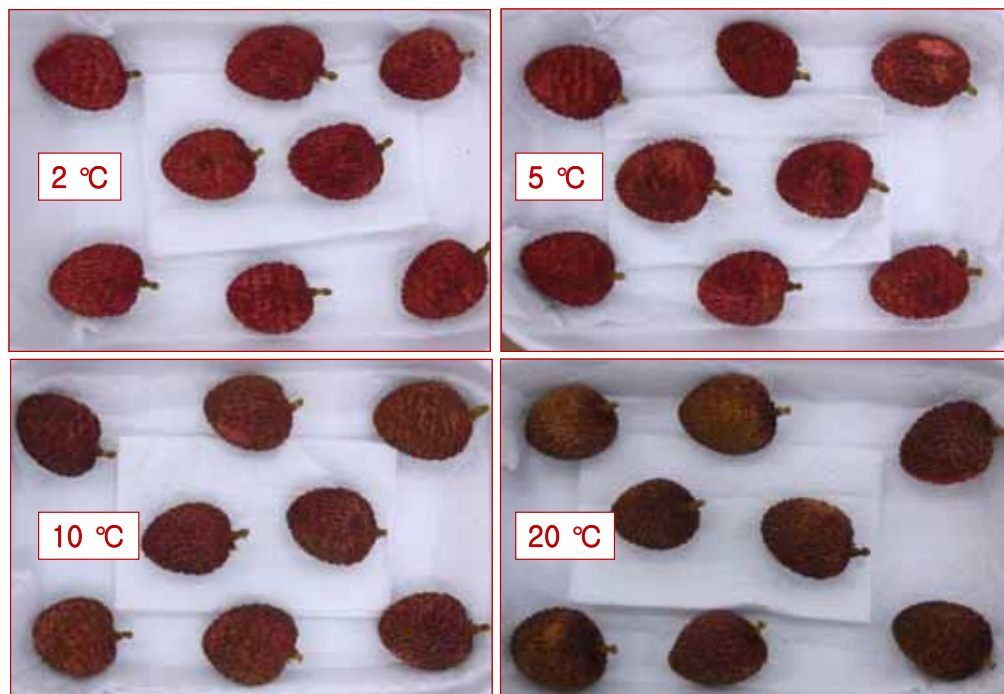


FIGURA 26 – Aspecto de lichias 'Bengal', após 10 dias de armazenamento sob diferentes temperaturas.

Os teores de antocianina na casca dos frutos submetidos aos diferentes tratamentos também apresentaram redução significativa ao longo do período de armazenamento, observando-se as maiores reduções nos frutos armazenados a 10 °C e 20 °C (Figura 27). Nestes frutos, os teores mais elevados nos armazenados a 5 °C ou 2 °C indicam degradação menos intensa, como resultado da menor atividade das enzimas polifenoloxidase e peroxidase (Figuras 28 e 29). ZHANG et al. (2005), também observaram que os teores de antocianinas diminuem com o aumento no escurecimento da casca e com o tempo de armazenamento.

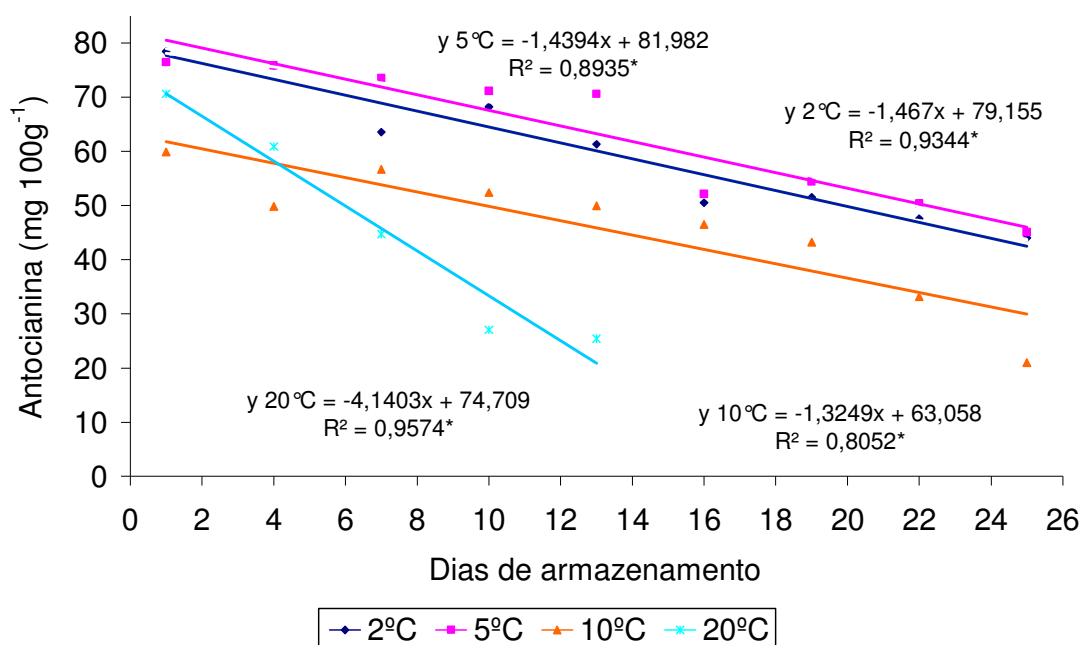


FIGURA 27 – Teor de antocianina na casca de lichias 'Bengal' armazenadas sob diferentes temperaturas.

Segundo HOLCROFT & MITCHAM (1996), a estrutura e a cor da antocianina são dependentes das condições internas das células, particularmente do pH, da presença de íons e de moléculas fenólicas. A desidratação pode aumentar o pH da célula, enfatizando a influencia da água no escurecimento (UNDERHILL et al., 1992). Neste experimento, pode ser observado que os frutos armazenados a 5 °C apresentaram menor perda de massa fresca (Figura 16), o que indica a menor degradação de antocianinas e o menor escurecimento da casca (Figura 25).

A atividade da polifenoloxidase (PPO) foi reduzida com o armazenamento dos frutos a 5 °C, enquanto nos armazenados a 20 °C esta atividade foi inicialmente mais intensa, com redução significativa até o final do armazenamento, devido a rápida senescência (Figura 28). A associação entre a atividade desta enzima e o escurecimento da casca é indicado pela luminosidade (Figura 24) e aparência (Figura 25). Estes resultados são concordantes com os relatados por LEUNG et al. (2003), ou seja, redução na atividade da PPO em lichias 'Yook Ho Pow' armazenadas a 25 °C e 65 %UR por 5 dias, e por CHU et al. (2004) em lichias 'San Yue Hong' armazenadas sob as mesmas condições. No entanto, LIN et al. (1988) observaram aumento na atividade da PPO em lichias 'Huaizhi' armazenadas a 28 °C e 76 %UR, enquanto ZAUBERMAN et al. (1991) não observaram alterações na atividade de lichias 'Mauritius' armazenadas a 22 °C e 85 %UR. Por outro lado, QU et al. (2006) relataram oscilações na atividade da PPO, em lichias 'Huaizhi' armazenadas por 6 dias, a 30 °C.

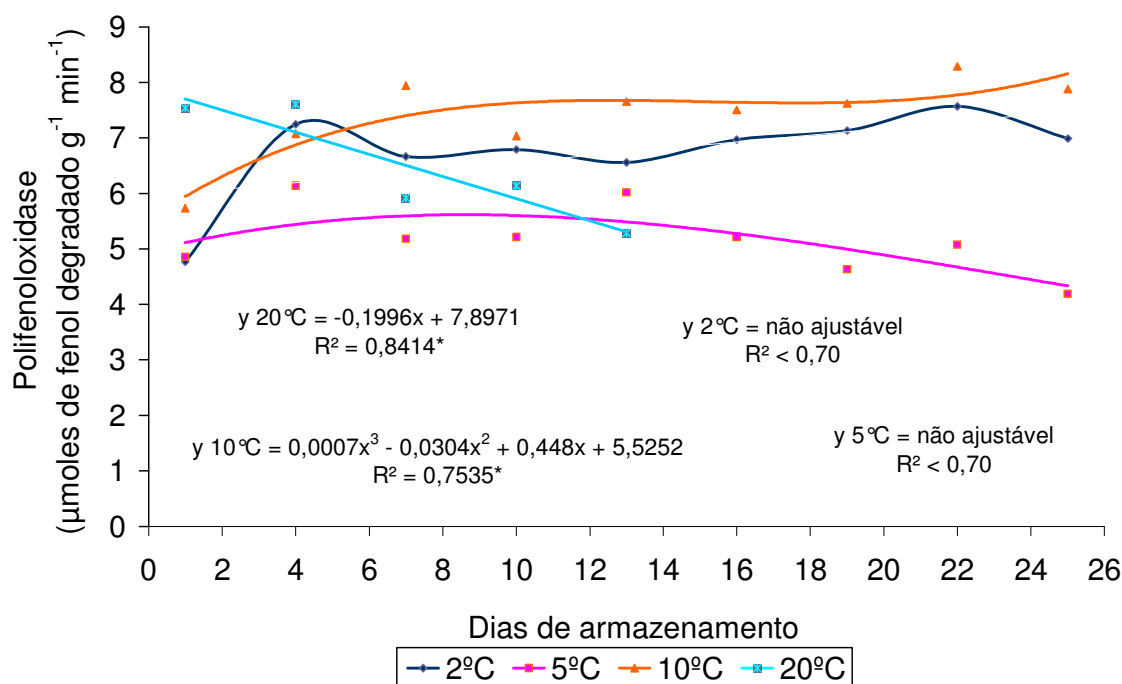


FIGURA 28 – Atividade da polifenoloxidase na casca de lichias 'Bengal' armazenadas sob diferentes temperaturas.

Os valores da atividade da peroxidase (POD) também foram significativamente

influenciados pelos tratamentos (Figura 29), pois os frutos armazenados a 5 °C apresentaram menor atividade, que os armazenados a 10 °C. A maior atividade nos frutos armazenados a 2 °C pode ser atribuída à injúria pelo frio.

Observou-se alta intensidade inicial seguida de redução bastante intensa na atividade da peroxidase nos frutos a 20 °C. Este decréscimo na atividade não levou a menor escurecimento do fruto, pois a alta atividade inicial foi suficiente para escurecê-lo quase que completamente. Estes dados são discordantes dos relatados por FINGER et al. (1997), em lichias 'Brewster' armazenadas a 25 °C e 75 %UR por 5 dias, e de ZHANG et al. (2005) que armazenaram lichias 'Huaizhi', por 6 dias a 25 °C. PHUNCHAISRI & APICARTSRANGKONN (2005) não observaram mudanças significativas nesta atividade, enquanto QU et al. (2006) relataram variação na atividade da POD em lichias 'Huaizhi', armazenadas a 30 °C por 6 dias.

Enquanto SAAVEDRA DEL AGUILA (2010) observaram decréscimo na atividade da POD em lichias 'Bengal' armazenadas 0 °C, 5 °C, 10 °C, 15 °C e 20 °C, por 15 dias.

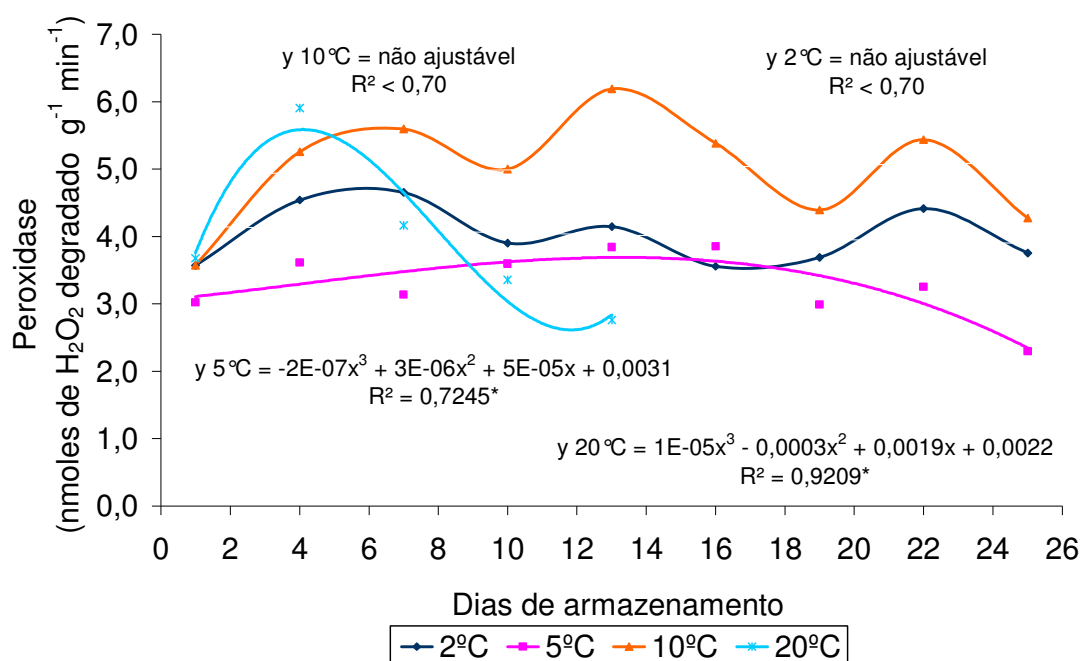


FIGURA 29 – Atividade da peroxidase na casca de lichias 'Bengal' armazenadas sob diferentes temperaturas.

A POD catalisa as reações oxidativas nas células e utiliza como substrato tanto o

peróxido de hidrogênio, como o oxigênio e os aceptores de hidrogênio, com o avanço no estágio de maturação e senescência dos tecidos (CHITARRA & CHITARRA, 2005).

Também não se detectou atividade da polifenoloxidase e peroxidase na polpa dos frutos submetidos aos diferentes tratamentos, em seus diferentes estádios de maturação.

Os resultados obtidos permitem deixar observado que:

O armazenamento de lichias a 5 °C foi o melhor, pois reduziu a perda de massa fresca, a atividade metabólica e a atividade da polifenoloxidase e da peroxidase, assim como a degradação da antocianina na casca, resultando em menor índice de escurecimento e, conseqüentemente, mantendo a aparência por até 14 dias e a qualidade da polpa até o final do período, 26 dias. Esses frutos apresentam maior aceitação pelos consumidores e são, portanto, mais valorizados comercialmente.

A temperatura de 2 °C apresentou resultados semelhantes ao de 5 °C para as características de qualidade, no entanto com aparência inferior.

Maiores temperaturas, 10 °C e 20 °C, não foram efetivas para a manutenção da cor vermelha da casca da lichia, durante o armazenamento.

4.3 Experimento III – Armazenamento de lichias ‘Bengal’ sob atmosfera controlada

Os frutos utilizados neste experimento também foram caracterizados e os resultados obtidos no dia da colheita, são apresentados na Tabela 4.

Tabela 4 – Caracterização de lichia ‘Bengal’, recém-colhidos, em 9 de janeiro de 2008.

Variáveis	Média	DP*	Variáveis	Média	DP
Massa (g)	21,8	0,79	Cromaticidade	49,2	1,03
SS (°Brix)	18,5	0,41	Luminosidade	41,6	0,87
AT (ác. málico 100g ⁻¹)	0,4	0,03	Antocianina (mg 100g ⁻¹)	77,4	4,52
pH	4,4	0,10	Polifenoloxidase		
Ácido ascórbico			(μmol de fenol min ⁻¹ g ⁻¹)	5,2	0,20
(mg 100g ⁻¹)	59,0	5,59	Peroxidase		
Ângulo hue	29,0	0,89	(nmol de H ₂ O ₂ min ⁻¹ g ⁻¹)	4,1	0,3

* DP = desvio-padrão.

A perda de massa fresca durante o período de armazenamento não se mostrou afetada pelos tratamentos, mas apenas com aumento significativo ao longo do armazenamento, e variou de 0,10% em 3 dias para 0,29% em 28 dias (Figura 30).

A pequena perda de massa é efeito observado quando se emprega atmosfera controlada como técnica de conservação pós-colheita, pelo fato de que os gases são umidificados antes de entrarem nas câmaras de armazenamento, que foram mantidas a 5 °C.

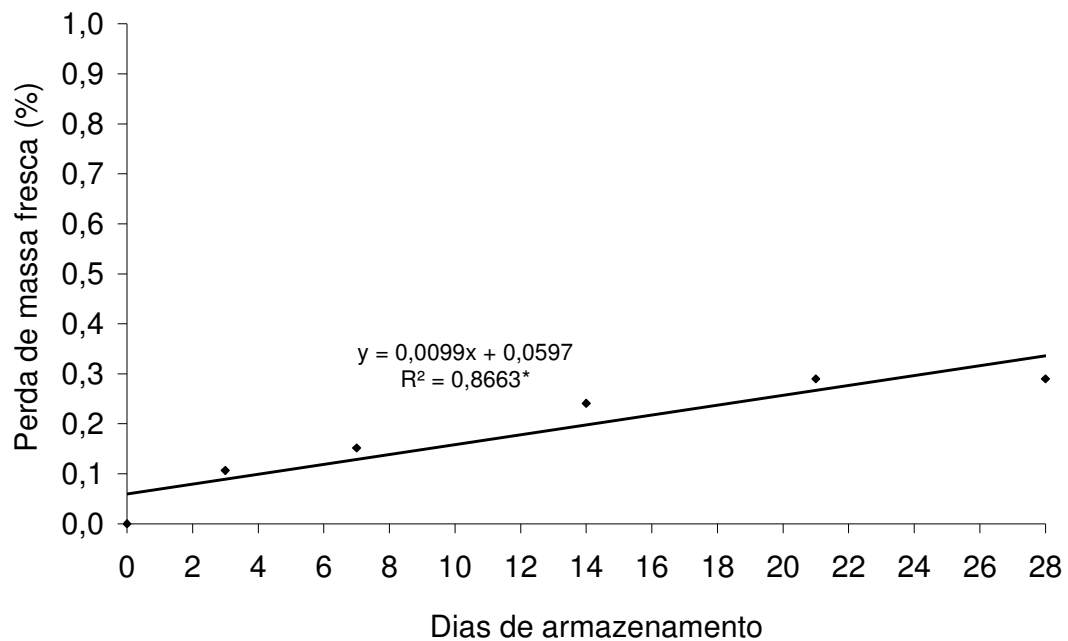


FIGURA 30 – Efeito da atmosfera controlada, com diferentes concentrações de oxigênio (5%, 10%, 20% e 80%), na perda de massa fresca por lichias 'Bengal' armazenadas a 5 °C.

A atividade respiratória dos frutos submetidos aos diferentes tratamentos, ao longo do período de armazenamento, é mostrada na Figura 31, onde pode-se observar que nos frutos inicialmente armazenados sob atmosfera com 80% de O₂ também houve redução na atividade respiratória até o 7º dia, enquanto que nos demais tratamentos esta redução aconteceu até o 5º dia. Após, esse período foi observado aumento, o que pode ser atribuído às injúrias e ao crescimento microbiano (Figura 42).

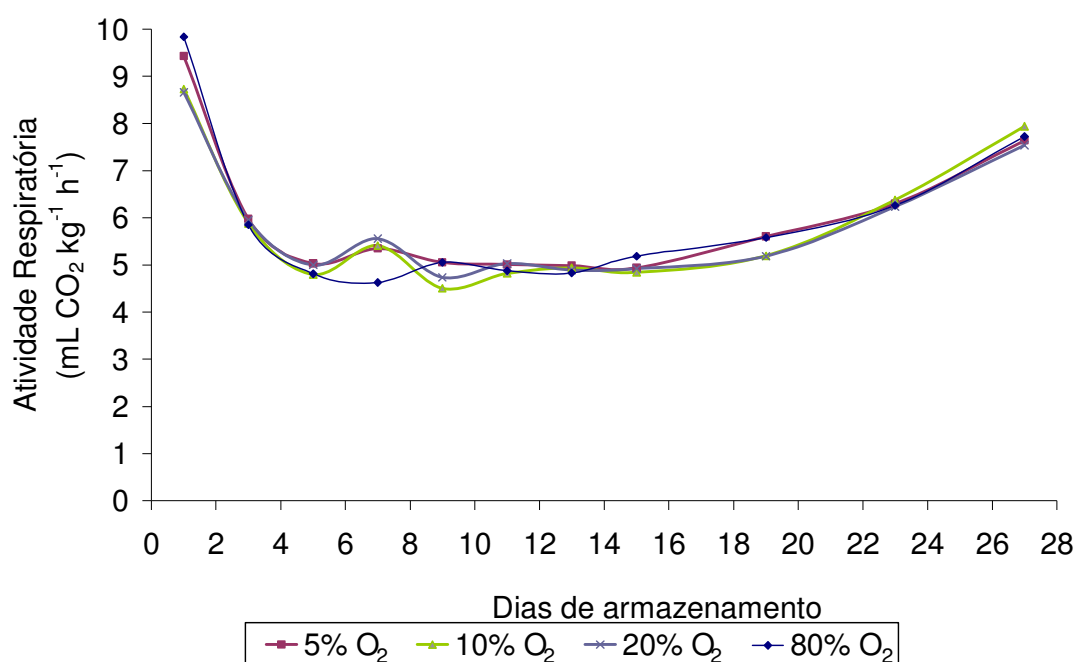


FIGURA 31 – Efeito da atmosfera controlada, com diferentes concentrações de oxigênio na atividade respiratória de lichias ‘Bengal’ armazenadas a 5 °C.

Ao longo do armazenamento, o teor de sólidos solúveis (SS) na polpa dos frutos, que era de 18,46 °Brix, no início, diminuiu para 17,22 °Brix, no final do armazenamento (Figura 32), o que pode ser resultado do consumo de açúcares no processo respiratório (Figura 31). O armazenamento em ambiente com 20% de O₂ foi o que levou ao menor teor de sólidos solúveis (Tabela 5).

Estes resultados são concordantes com os de TIAN et al. (2005), que também relataram que o armazenamento dos frutos de lichias ‘Heiye’, a 3 °C e 95 %UR por 42 dias, sob atmosfera controlada com 5% O₂ + 5% CO₂ ou 70% O₂ + 0% CO₂ reduziu o teor de sólidos solúveis da polpa dos mesmos, contudo sem diferença significativa entre os tratamentos. Por outro lado, o uso de 100% de O₂ + 0% de CO₂, a 25 °C e 80-85 %UR, por 6 dias em lichias ‘Huaizhi’ promoveu aumento nos teores de SS e acidez, mas redução nos de ácido ascórbico (DUAN et al., 2004).

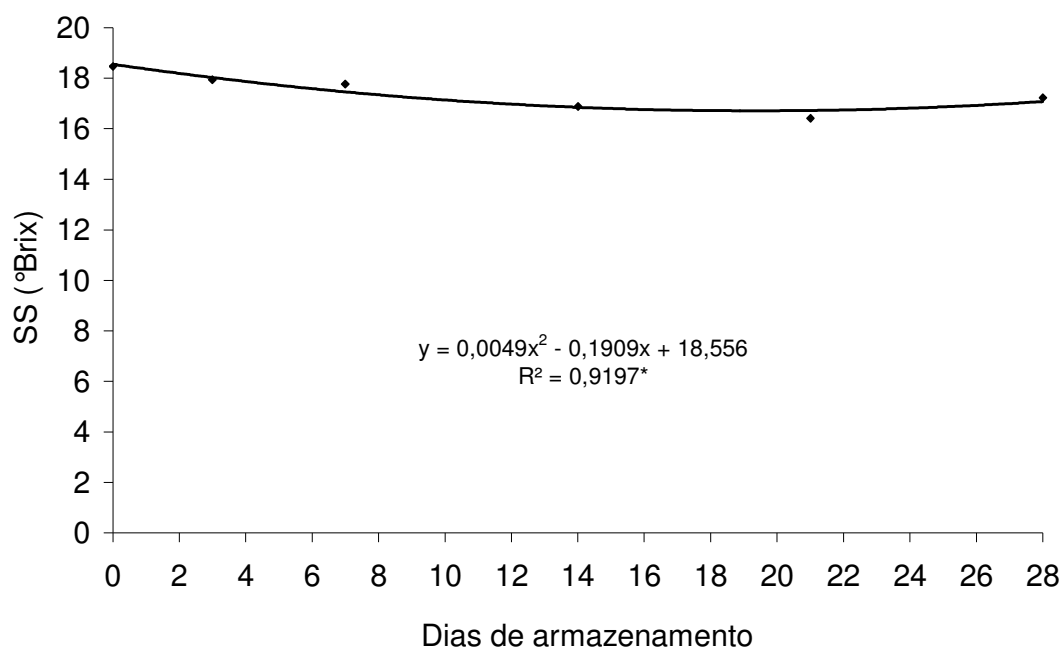


FIGURA 32 – Efeito da atmosfera controlada, com diferentes concentrações de oxigênio (5%, 10%, 20% e 80%), no teor de sólidos solúveis (SS) da polpa de lichias 'Bengal' armazenadas a 5 °C.

Tabela 5. Efeito da atmosfera controlada, com diferentes concentrações de oxigênio, nos teores de sólidos solúveis (SS), acidez titulável (AT) e do pH de lichias 'Bengal' armazenadas a 5 °C, por 28 dias.

Tratamento	SS (°Brix)	AT (g ác. málico 100g ⁻¹)	pH
5% O ₂	17,66a	0,36a	4,55 b
10% O ₂	17,43ab	0,35a	4,58 b
20% O ₂	17,09 b	0,33 b	4,68a
80% O ₂	17,62a	0,37a	4,57 b
CV (%)	2,5	8,31	2,5

Médias seguidas de pelo menos uma mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

A acidez titulável na polpa dos frutos submetidos aos diferentes tratamentos reduziu-se durante o período de armazenamento, com variação de 0,40 g ác. málico

100g⁻¹ para 0,30 g ác. málico 100g⁻¹ (Figura 33). Observou-se que os frutos armazenados em atmosfera contendo 20% de O₂ apresentaram os menores teores, o que é concordante com os aumentos nos valores de pH (Tabela 5).

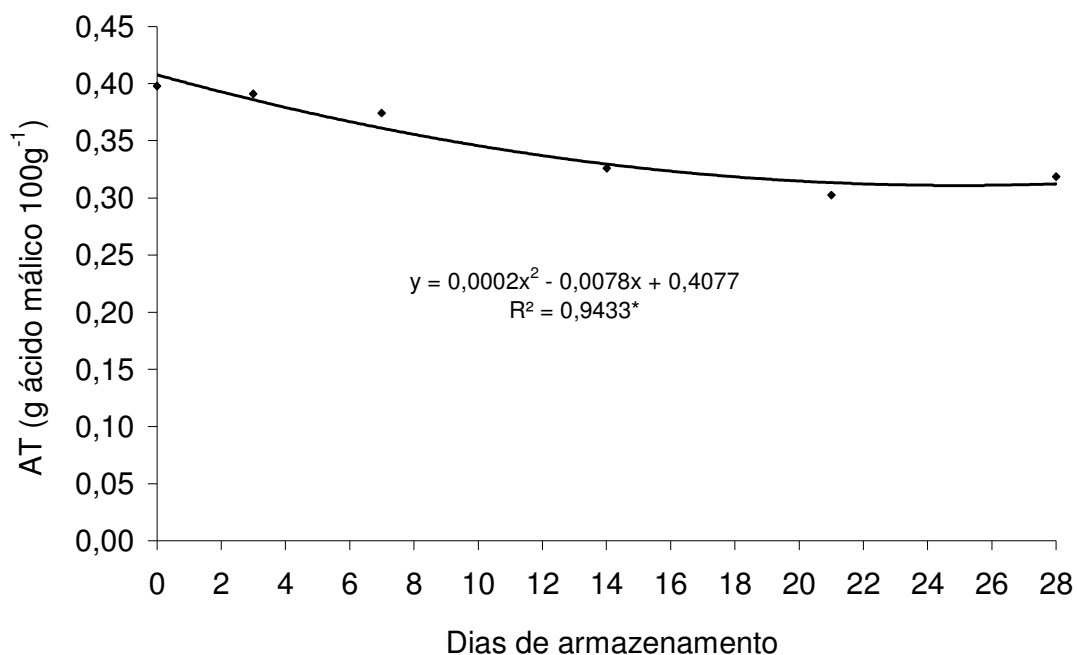


FIGURA 33 – Efeito da atmosfera controlada, com diferentes concentrações de oxigênio (5%, 10%, 20% e 80%), no teor de acidez titulável (AT) da polpa de lichias 'Bengal' armazenadas a 5 °C.

A variação na acidez titulável refletiu-se nos valores de pH, que aumentaram durante o período de armazenamento (Figura 34), o que pode ser considerado adequado, durante a senescência de frutos.

JIANG & FU (1999), trabalhando com lichias sob condições de atmosfera controlada e armazenamento refrigerado, observaram que os teores de pH foram inicialmente baixos, e tenderam a aumentar com a dessecação do pericarpo variando de 4,20 em atmosfera com 90 %UR, no primeiro dia, para 4,35 no terceiro dia de armazenamento, enquanto no tratamento com 60 %UR, os valores variaram de 4,42, no primeiro dia, para 4,87, no terceiro dia.

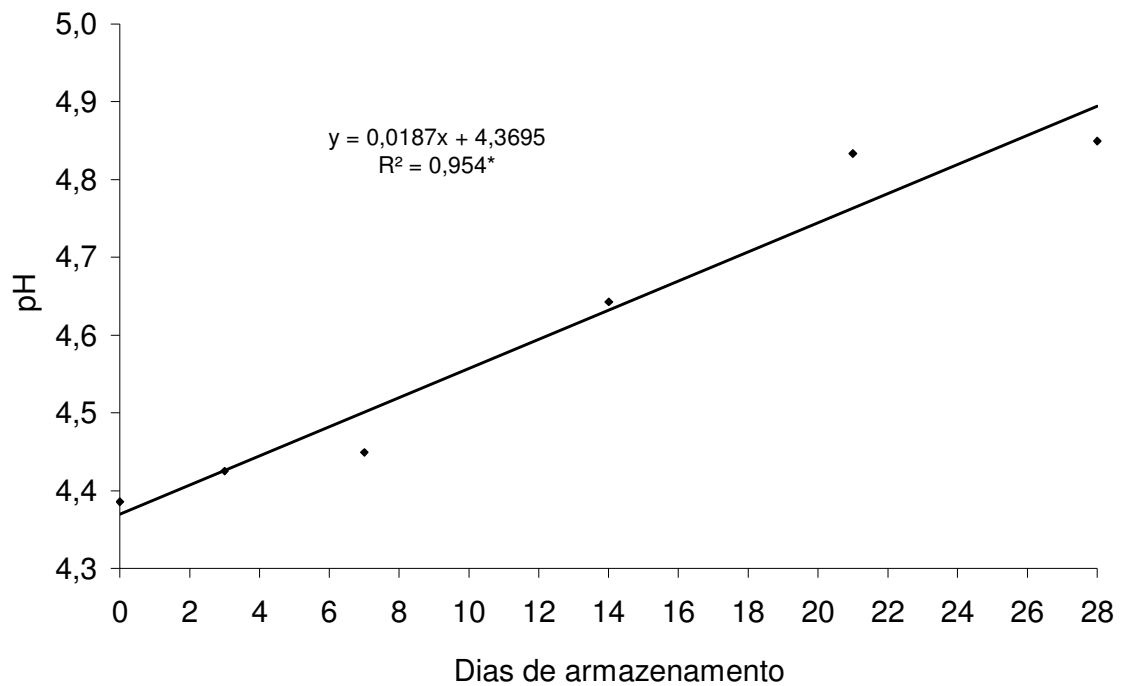


FIGURA 34 – Efeito da atmosfera controlada, com diferentes concentrações de oxigênio (5%, 10%, 20% e 80%), no pH da polpa de lichias 'Bengal' armazenadas a 5 °C.

A relação entre os teores de sólidos solúveis e de acidez titulável (SS/AT), aumentou durante o período de armazenamento (Figura 35), independentemente dos tratamentos. Seus valores aumentaram de 46,74, no início, para 54,66, no final do armazenamento, o que foi atribuído à redução na acidez.

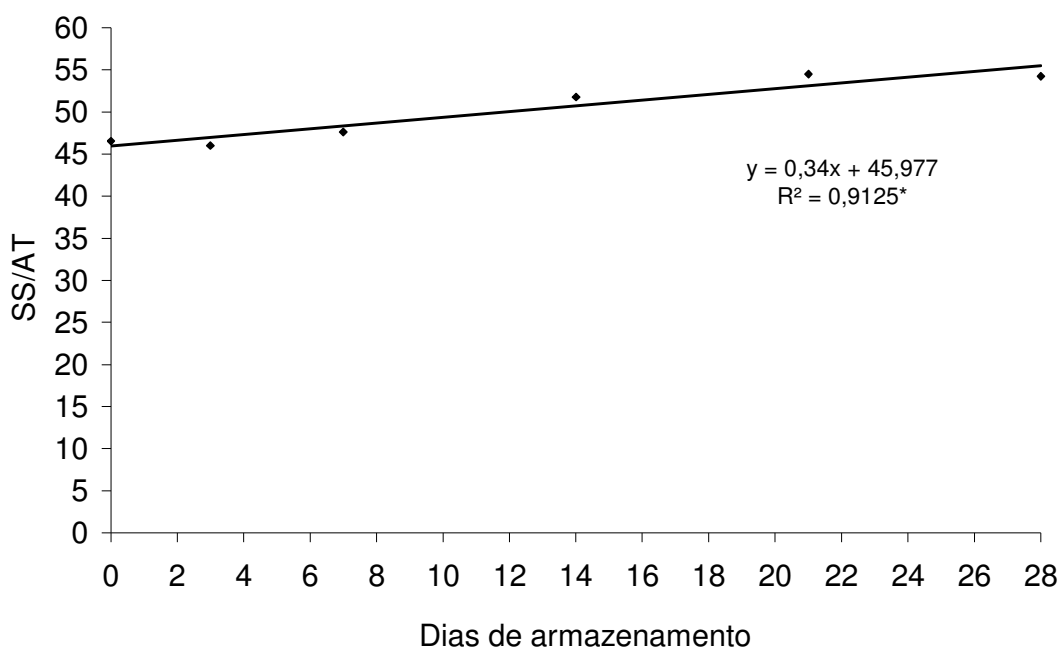


FIGURA 35 – Efeito da atmosfera controlada, com diferentes concentrações de oxigênio (5%, 10%, 20% e 80%), na relação entre os teores de sólidos solúveis e acidez titulável (SS/AT) na polpa de lichias 'Bengal' armazenadas a 5 °C.

As diferentes atmosferas testadas não promoveram diferenças significativas nos teores de ácido ascórbico da polpa dos frutos (Tabela 6), que diminuiu durante o período de armazenamento (Figura 36), como o observado para a acidez titulável.

Tabela 6 - Efeito da atmosfera controlada, com diferentes concentrações de oxigênio (5%, 10%, 20% e 80%), nos teores de ácido ascórbico da polpa e na cromaticidade da casca de lichias 'Bengal' armazenadas a 5 °C, por 28 dias.

Tratamento	Ácido ascórbico	Cromaticidade
	(g 100 ⁻¹ g)	
5% O ₂	56,73 ^a	37,10 ^a
10% O ₂	56,40 ^a	37,03 bc
20% O ₂	56,30 ^a	35,17 c
80% O ₂	54,06 ^a	35,97 ^{ab}
CV (%)	7,97	3,44

Médias seguidas de pelo menos uma mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

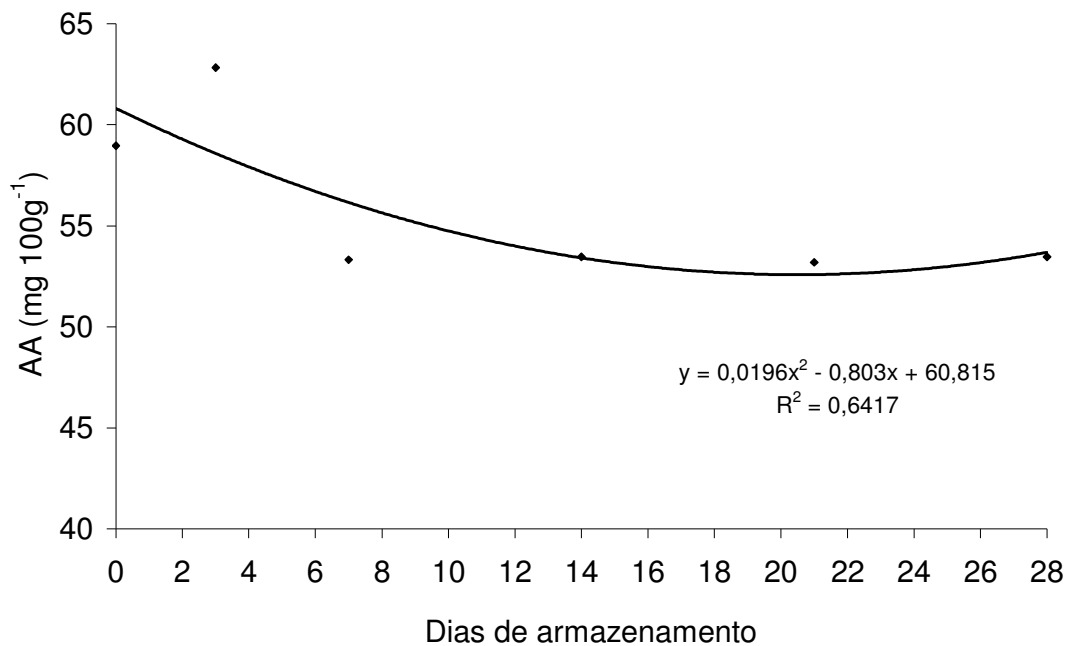


FIGURA 36 - Efeito da atmosfera controlada, com diferentes concentrações de oxigênio (5%, 10%, 20% e 80%), no teor de ácido ascórbico (AA) da polpa de lichias 'Bengal' armazenadas a 5 °C.

O escurecimento da casca, ao longo do período de armazenamento, pode ser atribuído ao aumento nos valores do ângulo hue (Figura 37), e redução na cromaticidade (Figura 38) e na luminosidade (Figura 39). Os frutos armazenados sob a atmosfera com 5% de O₂ apresentaram os menores valores do ângulo hue e de luminosidade e os maiores de cromaticidade (Tabela 7), quando comparados com os armazenados sob as outras atmosferas.

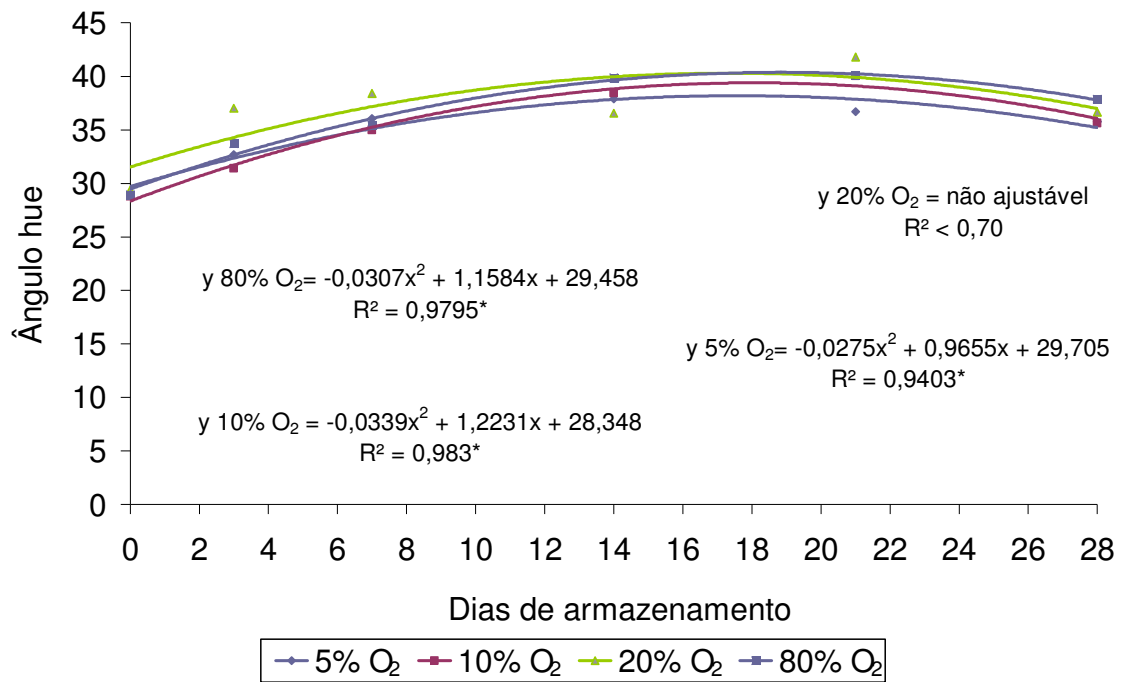


FIGURA 37 – Efeito da atmosfera controlada, com diferentes concentrações de oxigênio no ângulo hue da casca de lichias 'Bengal', armazenadas a 5 °C.

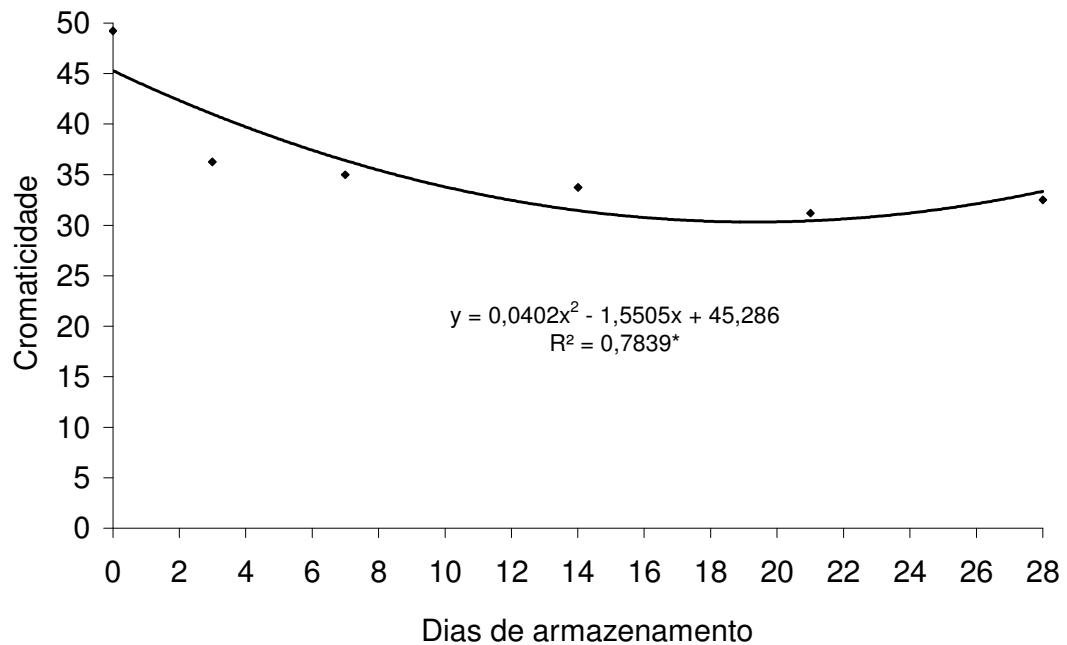


FIGURA 38 – Efeito da atmosfera controlada, com diferentes concentrações de oxigênio (5%, 10%, 20% e 80%), na cromaticidade da casca de lichias 'Bengal' armazenadas a 5 °C.

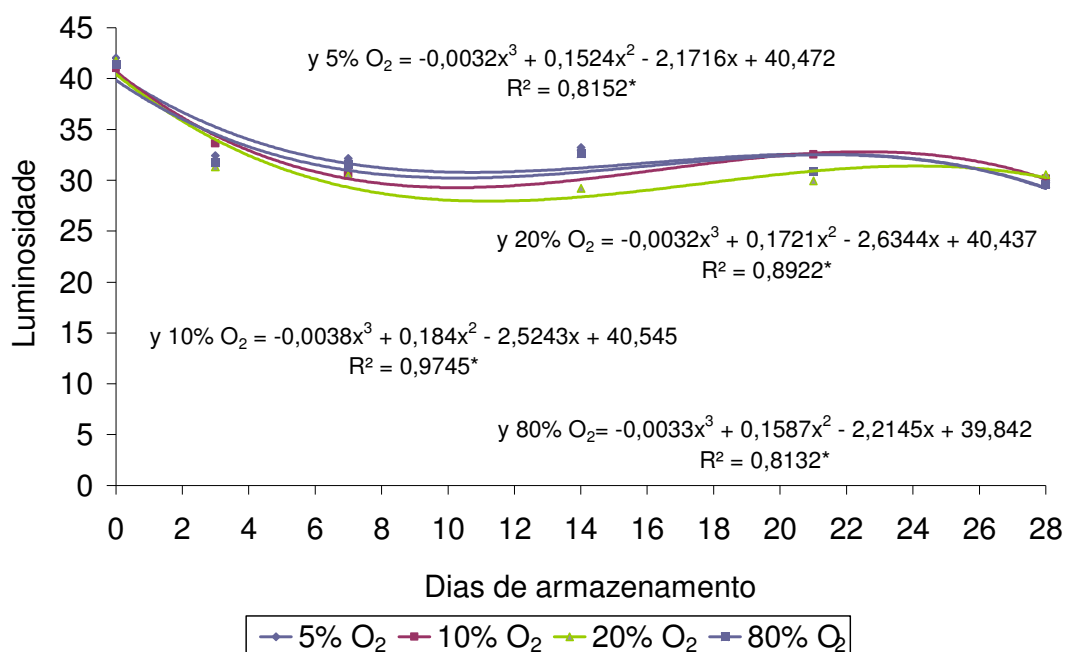


FIGURA 39 – Efeito da atmosfera controlada, com diferentes concentrações de oxigênio, na luminosidade da casca de lichias ‘Bengal’ armazenadas a 5 °C.

A aparência, determinada visualmente, dos frutos submetidos aos diferentes tratamentos também indica que houve aumento no escurecimento (Figuras 40 e 41), em todos os tratamentos, o que também foi indicado pelos valores de luminosidade (Figura 39). Ressalta-se que os frutos armazenados sob a concentração de 20% de O_2 apresentaram os menores valores de luminosidade e aparência, indicando escurecimento mais intenso.

Estes resultados são semelhantes aos encontrados por DUAN et al. (2004), que verificaram que o índice de escurecimento aumentou rapidamente com o tempo de armazenamento em lichias ‘Huaizhi’, a 25 °C e 80-85 %UR por 6 dias, embora a atmosfera com 100% de O_2 + 0% de CO_2 tenha promovido redução no escurecimento, com a casca dos frutos apresentando, no 6º dia, um índice de escurecimento de 25%.

Estes dados são concordantes com os de TIAN et al. (2002), que observaram que o uso de atmosfera com 70% de O_2 preveniu o escurecimento da casca de longan.

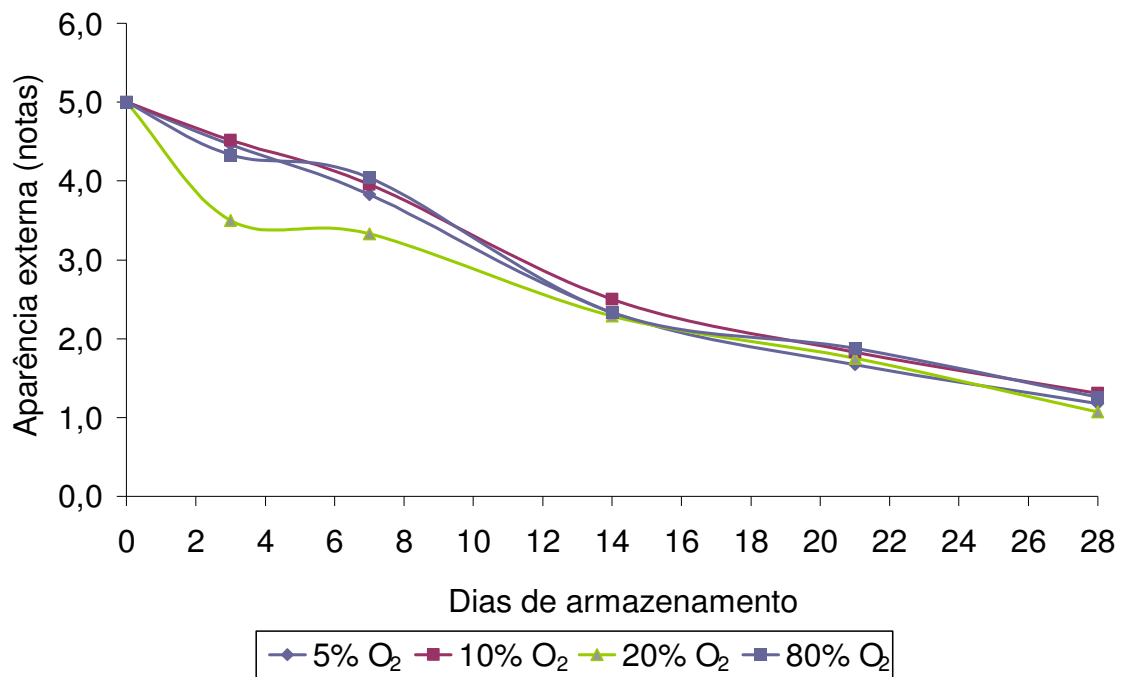


FIGURA 40 – Efeito da atmosfera controlada, com diferentes concentrações de oxigênio, na aparência de lichias 'Bengal' armazenadas a 5 °C (Notas: 5= vermelho-brilhante; 4= 25% da casca escurecida; 3= 50% da casca escurecida; 2= 75% da casca escurecida; e 1= completamente escurecida).

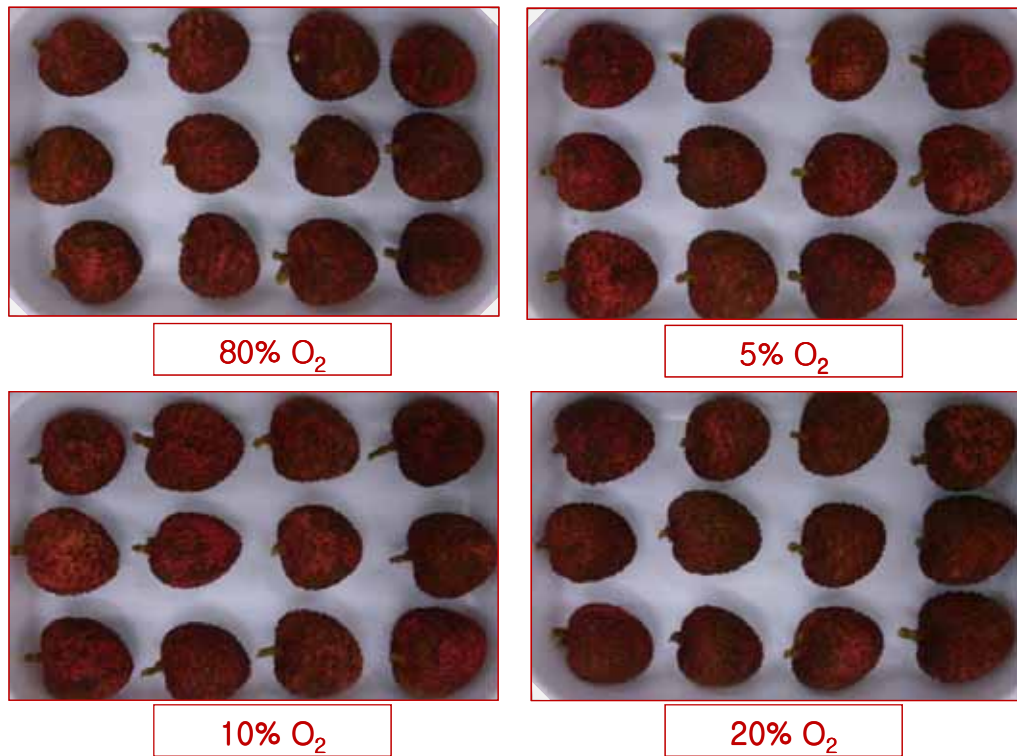


FIGURA 41 – Efeito da atmosfera controlada, com diferentes concentrações de oxigênio, no aspecto de lichias 'Bengal' após 7 dias de armazenamento a 5 °C.

Outro problema que comprometeu a aparência dos frutos foi o desenvolvimento de podridões, *Colletotrichum gloeosporioides* Penz & Sacc. e *Alternaria* sp., caracterizadas por coloração escura, bordas definidas e espalhando-se completamente pelos frutos, em 28 dias (Figura 41). Esses problemas têm origem ainda no campo, e o desenvolvimento dos fungos acontece quando as condições de temperatura e umidade são propícias (KAYS, 1999).



FIGURA 42 – Presença de podridões, *Colletotrichum gloeosporioides* Penz & Sacc. e *Alternaria sp.*, em lichias 'Bengal' armazenadas a 5 °C por 28 dias.

Observou-se também, redução significativa no teor de antocianinas das lichias, ao longo do período de armazenamento, independentemente dos tratamentos (Figura 43). Verificou-se que os níveis de antocianinas tornaram-se menores com a redução na atividade específica da polifenoloxidase (Figura 44).

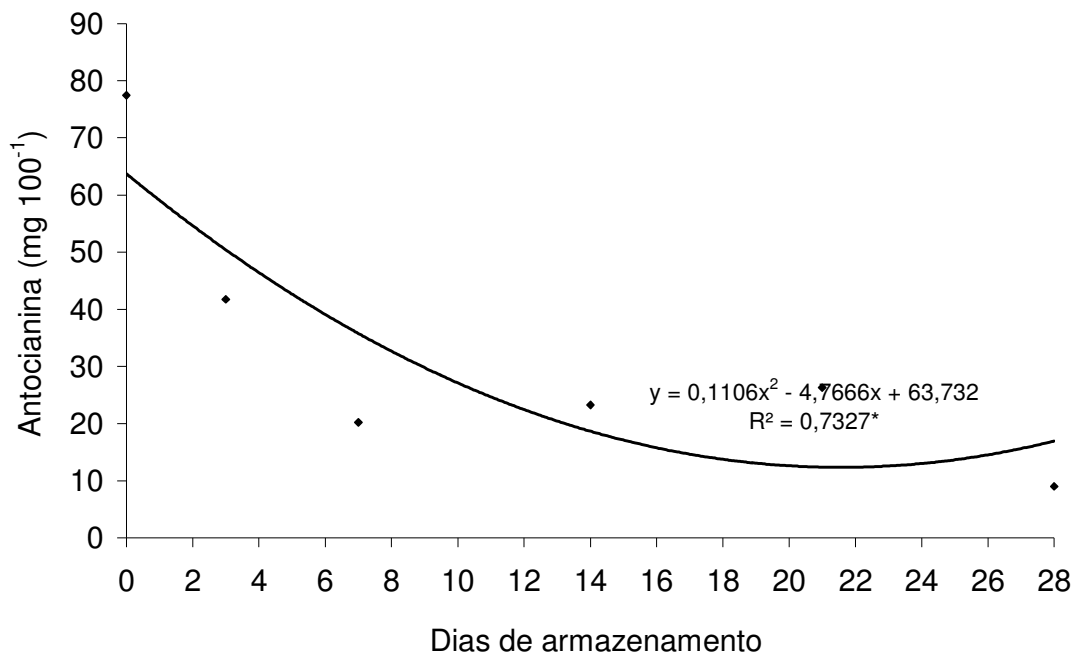


FIGURA 43 – Efeito da atmosfera controlada, com diferentes concentrações de oxigênio (5%, 10%, 20% e 80%), no teor de antocianina da casca de lichias 'Bengal' armazenadas a 5 °C.

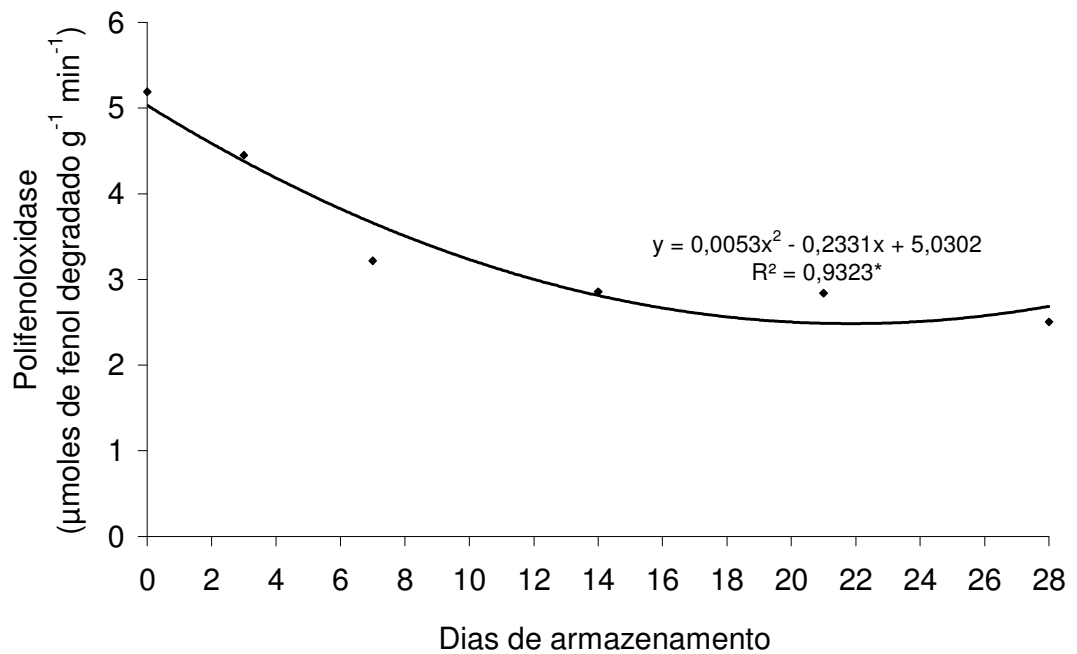


FIGURA 44 – Efeito da atmosfera controlada, com diferentes concentrações de oxigênio (5%, 10%, 20% e 80%), na atividade da polifenoloxidase da casca de lichias 'Bengal' armazenadas a 5 °C.

Os frutos armazenados sob atmosfera com 5% de oxigênio (O_2) apresentaram maior teor de antocianinas que os armazenados nas demais atmosferas (Tabela 7). Os resultados obtidos para o teor de antocianinas também se relacionaram positivamente com os resultados obtidos para a atividade da peroxidase (Figura 45). Estes resultados são discordantes dos encontrados por TIAN et al. (2005), ao testar o armazenamento de lichias 'Heiye' a 3 °C e 95 %UR por 42 dias sob atmosfera controlada (5% O_2 + 5% CO_2 e 70% O_2 + 0% CO_2), que relataram redução gradual nos teores de antocianinas ao longo do armazenamento e aumento na atividade da POD. Embora a atividade da PPO tenha se apresentado inicialmente alta ela decresceu rapidamente até o 14º dia, cujo escurecimento da casca era de 40%.

Tabela 7 - Efeito da atmosfera controlada, com diferentes concentrações de oxigênio (5%, 10%, 20% e 80%), no teor de antocianina de lichias 'Bengal' armazenadas a 5 °C, por 28 dias.

Tratamento	Antocianina (mg.100g⁻¹)
5% O_2	37,83a
10% O_2	34,88ab
20% O_2	25,72 b
80% O_2	33,52ab
CV (%)	35,72

Médias seguidas de pelo menos uma mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

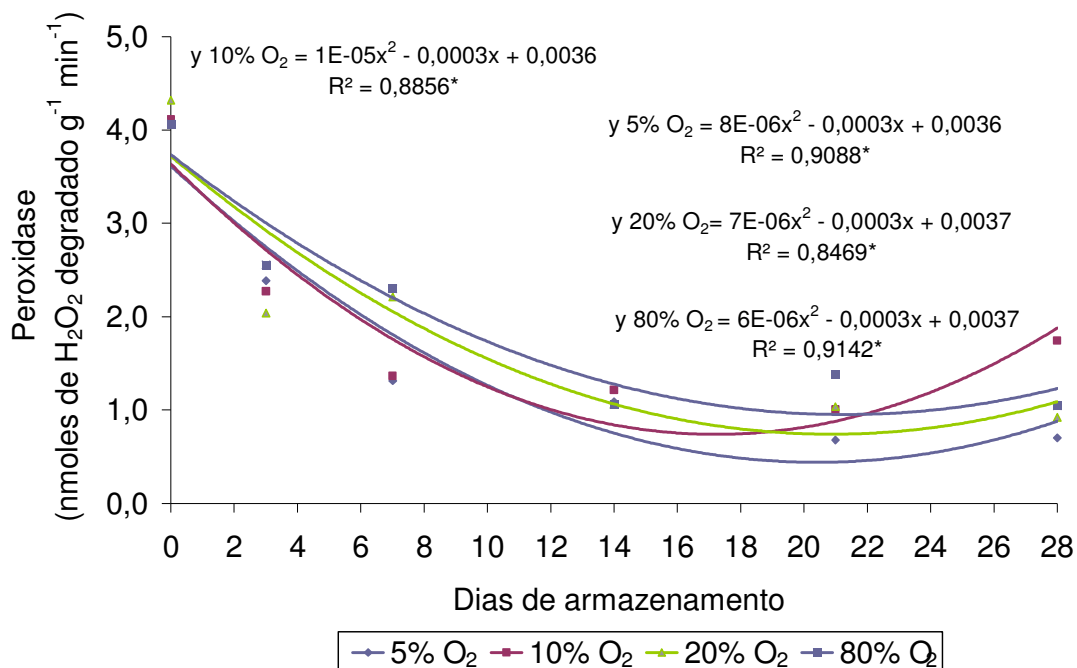


FIGURA 45 – Efeito da atmosfera controlada, com diferentes concentrações de oxigênio, na atividade da peroxidase em lichias 'Bengal' armazenadas a 5 °C.

Não se detectou atividade da polifenoloxidase e da peroxidase na polpa dos frutos submetidos aos diferentes tratamentos.

Os resultados obtidos permitem deixar observado que:

Lichias da cultivar Bengal mantiveram coloração vermelha da casca por até 7 dias, quando armazenadas sob atmosfera controlada, com 5% a 20% de O₂. A boa qualidade da polpa destes frutos se manteve por até 21 dias.

Os frutos armazenados sob atmosfera contendo 5% de O₂ apresentaram a menor intensidade no escurecimento da casca, indicado pela avaliação de aparência e pelos menores valores do ângulo hue e os maiores da luminosidade e da cromaticidade.

4.4 Experimento IV – Armazenamento de lichias ‘Bengal’ sob atmosfera controlada com diferentes concentrações de CO₂

Antes da aplicação dos tratamentos, a fim de caracterizar os frutos no dia da colheita, foi realizada a análise de uma amostra, cujos resultados são apresentados na Tabela 8.

Tabela 8 – Caracterização de lichias ‘Bengal’ recém-colhidas, em 6 de dezembro de 2008.

Variáveis	Média	DP*	Variáveis	Média	DP
Massa (g)	21,0	0,09	Cromaticidade	47,9	1,87
SS (°Brix)	18,2	0,45	Luminosidade	43,2	2,33
AT (ác. málico 100g ⁻¹)	0,5	0,07	Antocianina (mg 100g ⁻¹)	62,2	6,71
pH	4,1	0,17	Polifenoloxidase		
Ácido ascórbico			(μmol de fenol min ⁻¹ g ⁻¹)	4,9	0,17
(mg 100g ⁻¹)	78,8	4,10	Peroxidase		
Ângulo hue	32,4	2,14	(nmol de H ₂ O ₂ min ⁻¹ g ⁻¹)	2,4	0,3

* DP = desvio-padrão.

Foi observado incremento linear da perda de massa fresca durante o armazenamento, independentemente de tratamentos, embora a mesma não tenha chegado a 0,2% (Figura 46). Observou-se os maiores valores, 0,15%, no tratamento com 5% O₂ + 15% CO₂ diferindo apenas do com 5% O₂ + 0% CO₂, e 0,06% de perda (Tabela 9). A temperatura e a umidade relativa de armazenamento não influíram na perda de massa, o que também foi verificado nos frutos expostos à atmosfera controlada sob diferentes concentrações de oxigênio (Experimento III), devido a umidificação dos gases antes de entrarem nas câmaras de armazenamento.

Entretanto, MAHAJAN & GOSWAMI (2004) observaram aumento significativo da perda de massa em lichias ‘Bombay’ ao longo do armazenamento a 1,9-2,1 °C e 92-95 %UR, observando os menores valores (4,9%) no tratamento com 3,5% de O₂ + 3,5% de CO₂, em 56 dias, seguido pelo com 21% de O₂ + 0,03% de CO₂, ou seja, 11% no 28º

dia. A 28-36 °C e 40-71 %UR, com 21% de O₂ + 0,03% de CO₂, a perda foi de 33,1%, no 8º dia de armazenamento.

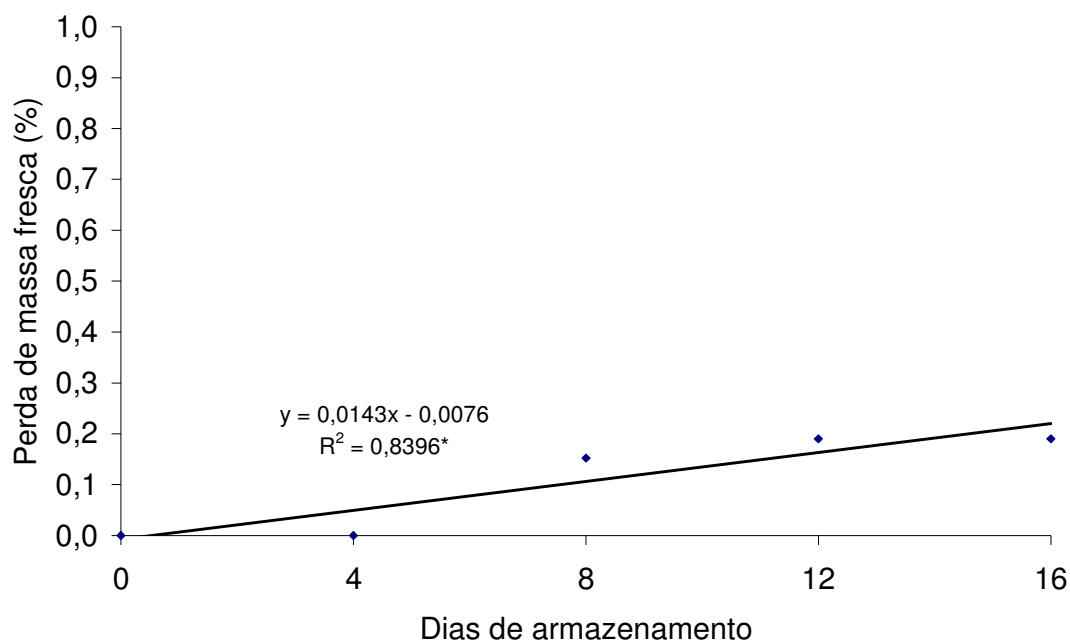


FIGURA 46 – Efeito da atmosfera controlada na perda de massa fresca por lichias 'Bengal' armazenadas a 5 °C.

Tabela 9 - Efeito da atmosfera controlada na perda de massa fresca, nos teores de sólidos solúveis (SS) e de acidez titulável (AT) e no pH da polpa de lichias 'Bengal' armazenadas a 5 °C, por 16 dias.

Tratamento	Perda de Massa (%)	SS (°Brix)	AT (g ác. málico 100g ⁻¹)	pH
5% O ₂ + 0% CO ₂	0,06 b	17,92a	0,46ab	4,09a
5% O ₂ + 5% CO ₂	0,11ab	17,71a	0,49a	4,00a
5% O ₂ + 10% CO ₂	0,08ab	17,88a	0,43 b	4,06a
5% O ₂ + 15% CO ₂	0,15a	18,07a	0,46ab	4,10a
5% O ₂ + 20% CO ₂	0,11ab	18,02a	0,43 b	4,00a
CV (%)	72,92	2,41	11,59	5,26

Médias seguidas de pelo menos uma mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

HANEKOM et al. (2010) observaram 2,2% de perda de massa em lichias 'Mauritius' armazenadas a 2 °C e 90 %UR, por 21 dias, sob atmosfera controlada com 3% de O₂ + 7% de CO₂.

Observou-se que o armazenamento sob atmosfera controlada causou redução drástica na taxa respiratória, dos frutos sob os tratamentos com 5% O₂ + 0% CO₂, 5% O₂ + 5% CO₂ e 5% O₂ + 10% CO₂ (Figura 47), enquanto nos tratamentos com 5% O₂ + 15% CO₂ e 5% O₂ + 20% CO₂ não foi possível detectar atividade respiratória. Este resultado vem ao encontro do observado por FONSECA et al. (2002), ou seja, que baixos teores de O₂ ou altos de CO₂ reduzem a atividade respiratória dos frutos.

De acordo com KADER (1994), a redução na atividade respiratória pelos altos teores de CO₂ sobre a respiração, tem sido atribuída à capacidade de inibir a rota glicolítica, por ação na atividade da fosfofrutoquinase, assim como no ciclo dos ácidos tricarboxílicos, por ação na atividade da succinato oxidase e da isocitrato desidrogenase, e indiretamente, reduzindo a ação do etileno sobre as enzimas envolvidas no processo respiratório (FONSECA et al., 2002).

Segundo CHEN et al. (1987), a atividade respiratória de lichia é alta, próximo de 200 mLCO₂ kg⁻¹ h⁻¹, em temperatura ambiente, e de 60-80 mLCO₂ kg⁻¹ h⁻¹ quando armazenados sob refrigeração, as quais são maiores que as encontradas no presente trabalho. PENG & CHENG (2001) também observaram atividades respiratórias iniciais altas, próximo de 250 mLCO₂ kg⁻¹ h⁻¹, seguido de redução até se estabilizar em 40 mLCO₂ kg⁻¹ h⁻¹ em lichias 'Heiye' tratadas com ácido clorídrico e armazenadas a 4 °C, por 40 dias.

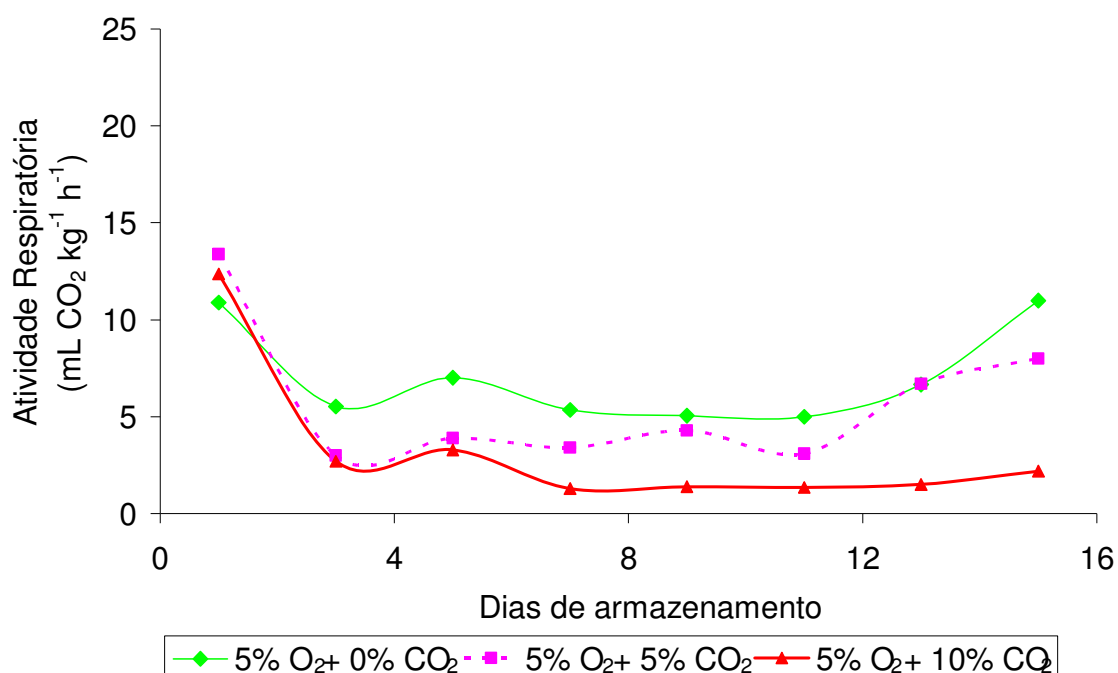


FIGURA 47 – Efeito da atmosfera controlada na atividade respiratória por lichias ‘Bengal’ armazenadas a 5 °C.

O uso de diferentes atmosferas controladas não promoveu diferenças significativas no teor de sólidos solúveis das lichias, no entanto, o tempo de armazenamento promoveu pequena redução neste teor, de 18,23 °Brix para 17,78 °Brix. É possível que o decréscimo verificado esteja associado ao consumo destes sólidos no processo respiratório. Valores semelhantes foram encontrados por JIANG & FU (1999), trabalhando com lichias ‘Huaizhi’ sob condições de atmosfera controlada (3-5% de O₂ + 3-5% CO₂) e armazenamento refrigerado a 1 °C, por 30 dias. Resultados semelhantes também foram encontrados por TIAN et al. (2005), que testaram atmosferas controladas com 5% O₂ + 5% CO₂ e 70% O₂ + 0% CO₂ para lichias ‘Heiye’ armazenadas a 3 °C e 95 %UR.

No entanto, MAHAJAN & GOSWAMI (2004) observaram acréscimos significativos nos teores de SS, de 19,3 °Brix para 23,0 °Brix, ao armazenarem lichias ‘Bombay’ por 48 dias, sob atmosfera controlada com 3,5% de O₂ + 3,5% de CO₂.

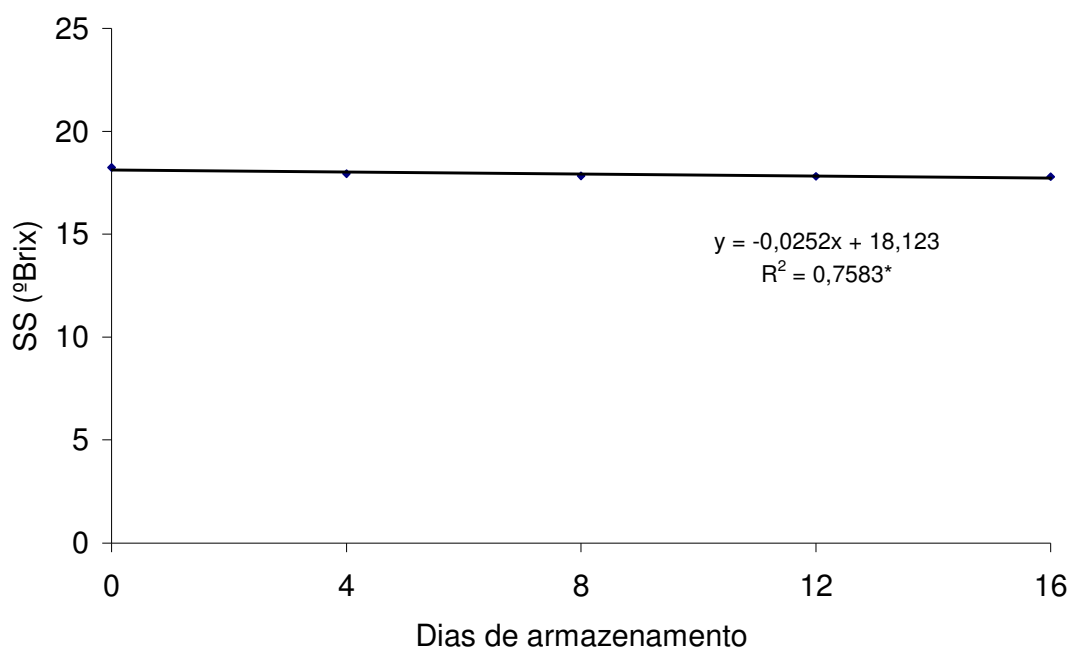


FIGURA 48 – Efeito da atmosfera controlada no teor de sólidos solúveis (SS) da polpa de lichias 'Bengal' armazenadas a 5 °C.

Os frutos do tratamento com 5% O₂ + 5% CO₂ apresentaram maior acidez que os do tratamento com 5% O₂ adicionado de 10% ou 15% de CO₂ (Tabela 9). Também se observou decréscimo na acidez, de 0,51 g ác. málico 100g⁻¹ e 0,42 g ác. málico 100g⁻¹ em 16 dias (Figura 49). Esta redução sugere que os ácidos também serviram como substrato para reações metabólicas, como a respiração. MAHAJAN & GOSWAMI (2004) também observaram redução na acidez de lichias 'Bombay' armazenadas a 1,9-2,1 °C, sob atmosfera controlada com 3,5% de O₂ + 3,5% de CO₂, por 56 dias.

Para a variável pH, não houve efeito significativo dos tratamentos utilizados ou do período de armazenamento, sendo 4,05 o valor médio encontrado (Tabela 9).

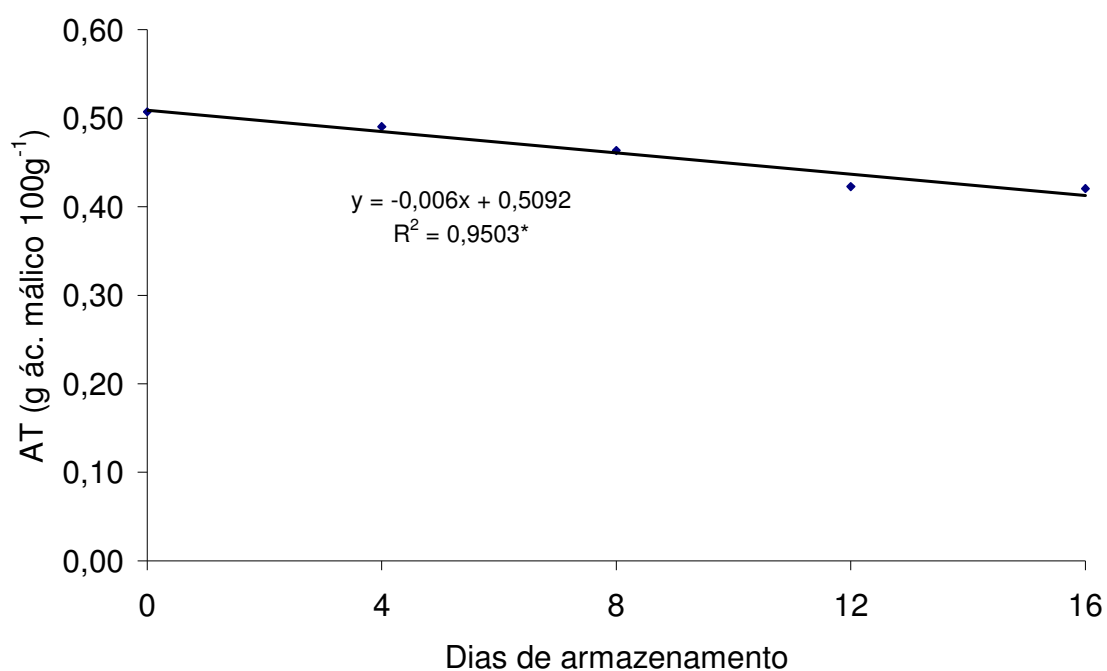


FIGURA 49 – Efeito da atmosfera controlada no teor de acidez titulável (AT) da polpa de lichias 'Bengal' armazenadas a 5 °C.

Verificou-se efeito significativo do período de armazenamento sobre a relação entre os teores de sólidos solúveis e de acidez titulável, SS/AT (Figura 50), que aumentou durante o período de armazenamento, atingindo 42,6. Esta relação SS/AT foi influenciada pela redução na acidez titulável e estabilidade nos teores de sólidos solúveis, durante o período de armazenamento.

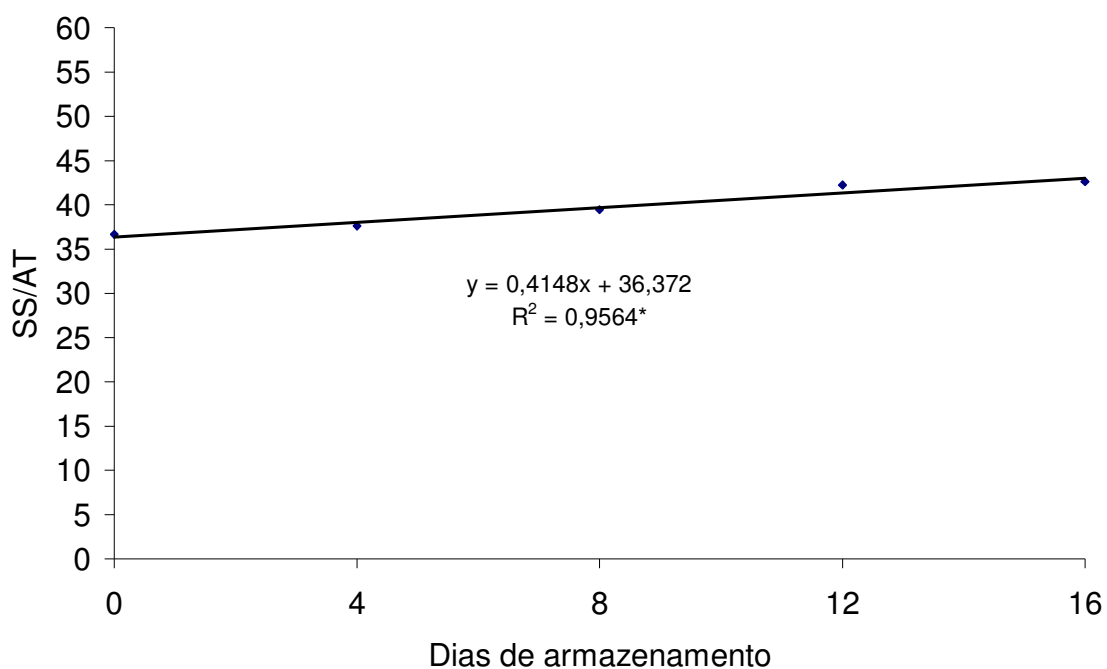


FIGURA 50 – Efeito da atmosfera controlada na relação entre os teores de sólidos solúveis e acidez titulável (SS/AT) da polpa de lichias 'Bengal' armazenadas a 5 °C.

O teor de ácido ascórbico só foi influenciado pelo período de armazenamento, com diminuição linear nos teores deste ácido (Figura 51), independente das atmosferas testadas (Tabela 10), o que também foi observado para a acidez titulável. Essa diminuição está associada à oxidação dos ácidos orgânicos durante o amadurecimento. Reduções nos teores de ácido ascórbico também foram relatadas por MAHAJAN & GOSWAMI (2004) em lichias 'Bombay' armazenadas sob atmosfera controlada com 3,5% de O₂ + 3,5% de CO₂, por 56 dias, a 1,9-2,1 °C.

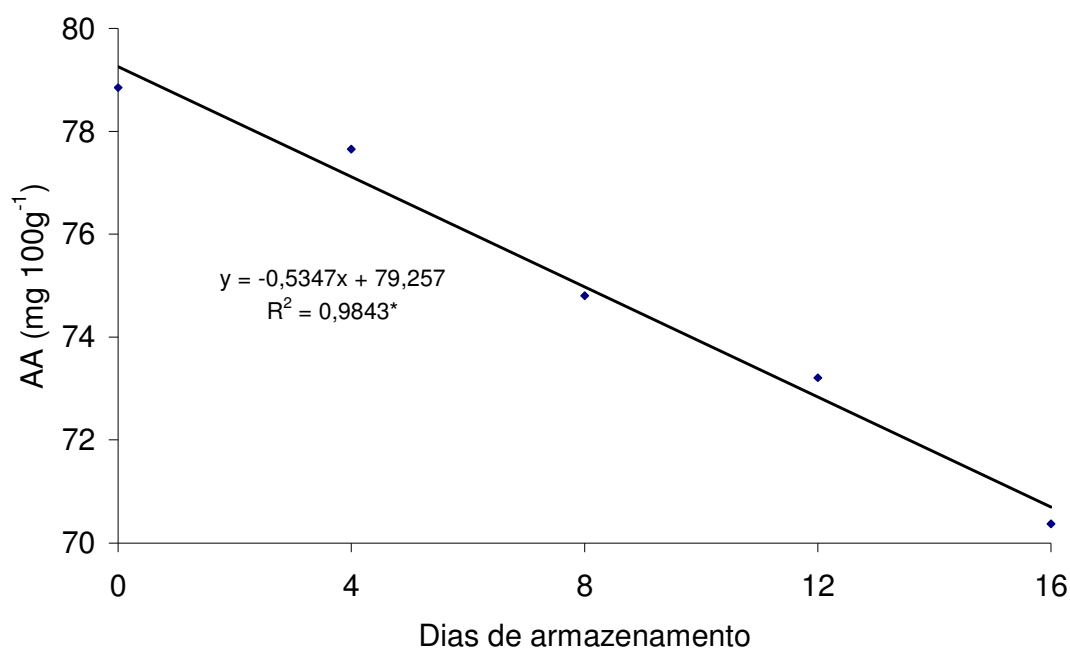


FIGURA 51 – Efeito da atmosfera controlada no teor de ácido ascórbico (AA) da polpa de lichias 'Bengal' armazenadas a 5 °C.

Tabela 10 - Efeito da atmosfera controlada ácido ascórbico e relação entre os teores de sólidos solúveis e acidez titulável (SS/AT) de lichias 'Bengal' armazenadas a 5 °C, por 16 dias.

Tratamento	Ácido ascórbico (g 100 ⁻¹ g)	SS/AT
5% O ₂ + 0% CO ₂	75,57a	39,29ab
5% O ₂ + 5% CO ₂	76,01a	36,48 b
5% O ₂ + 10% CO ₂	73,64a	41,46a
5% O ₂ + 15% CO ₂	75,00a	39,25ab
5% O ₂ + 20% CO ₂	74,66a	41,95a
CV (%)	5,04	11,29

Médias seguidas de pelo menos uma mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

A cor da casca da lichia é um dos principais atributos que o consumidor utiliza para avaliar a sua qualidade. O ângulo hue é uma medida objetiva, que tem sido

indicada para expressar a variação da coloração em frutos. Este ângulo é de 0° para a cor vermelha e valores próximos deste ângulo também indicam frutos vermelhos, o que deve ser associado com valores de cromaticidade (intensidade ou saturação do pigmento) e de luminosidade. Verificou-se que durante o período de armazenamento, a casca dos frutos apresentou variações pronunciadas na cor vermelha, com aumento no ângulo hue (Figura 52), simultaneamente com redução na cromaticidade (Figura 53) e na luminosidade (Figura 54), indicando escurecimento.

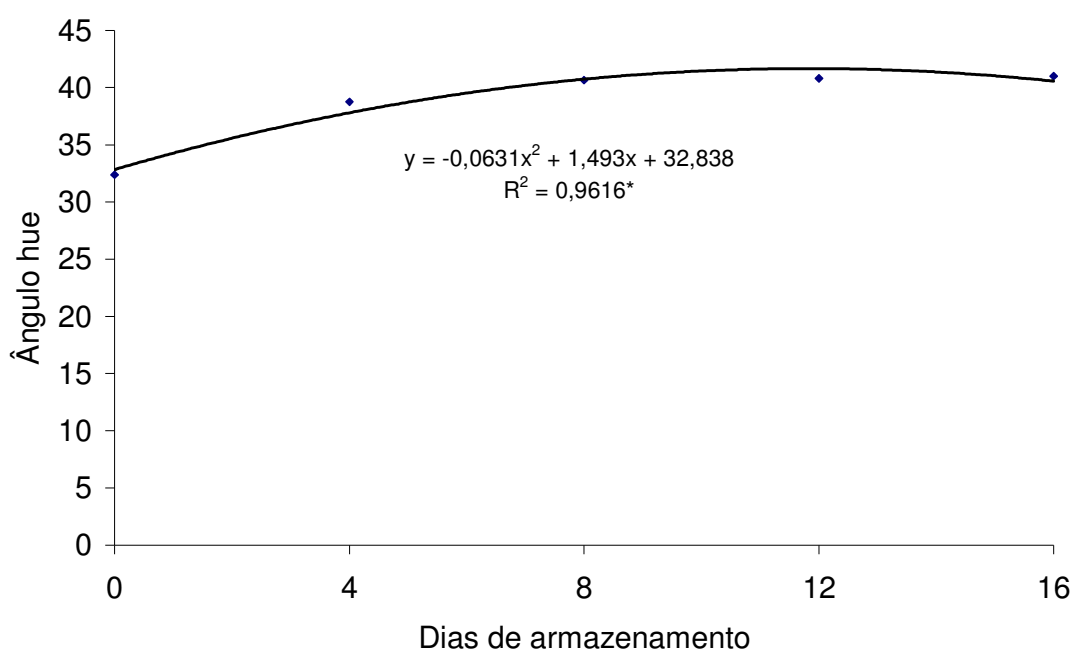


FIGURA 52 – Efeito da atmosfera controlada no ângulo hue da casca de lichias 'Bengal' armazenadas a 5 °C.

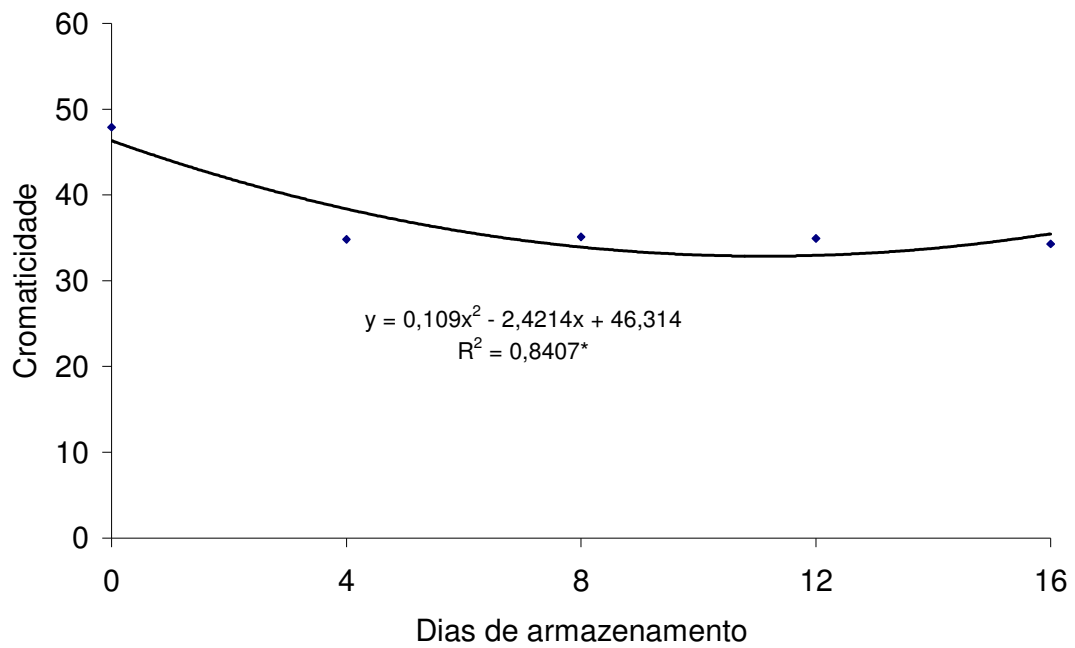


FIGURA 53 – Efeito da atmosfera controlada na cromaticidade da casca de litchias 'Bengal' armazenadas a 5 °C.

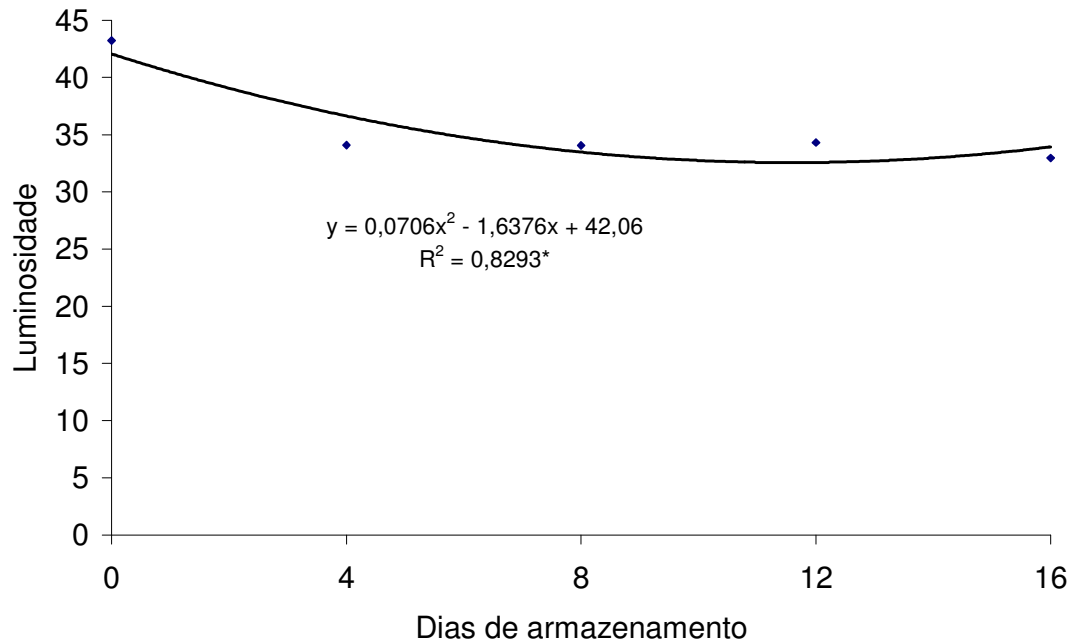


FIGURA 54 – Efeito da atmosfera controlada na luminosidade da casca de litchias 'Bengal' armazenadas a 5 °C.

O aumento de CO₂ nas atmosferas levaram a redução nos valores de cromaticidade e de luminosidade indicando escurecimento da cor vermelha (Tabela 11). Resultados semelhantes também foram encontrados por MAHAJAN & GOSWAMI (2004) em lichias 'Bombay' armazenadas sob atmosfera controlada com 3,5% de O₂ + 3,5% de CO₂, por 56 dias, a 1,9-2,1 °C, assim como por HANEKOM et al. (2010) em lichias 'Mauritius' sob atmosfera controlada com 3% de O₂ + 7% de CO₂, armazenadas a 2 °C e 90 %UR, por 21 dias.

Tabela 11 – Efeito da atmosfera controlada na luminosidade, cromaticidade e ângulo hue da casca de lichias 'Bengal' armazenadas a 5 °C, por 16 dias.

Tratamento	Ângulo hue	Cromaticidade	Luminosidade
5% O ₂ + 0% CO ₂	37,48a	38,47a	36,35a
5% O ₂ + 5% CO ₂	37,40a	38,48a	36,64a
5% O ₂ + 10% CO ₂	38,74a	37,47ab	35,96a
5% O ₂ + 15% CO ₂	39,90a	36,88ab	35,39ab
5% O ₂ + 20% CO ₂	40,09a	35,93 b	34,32 b
CV (%)	7,15	4,96	4,11

Médias seguidas de pelo menos uma mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

A avaliação visual da aparência, independente das atmosferas estudadas, permite deixar observado um contínuo escurecimento da superfície dos frutos (Figura 55). Os maiores valores do ângulo hue (Figura 52) e os menores de luminosidade e cromaticidade (Figuras 53 e 54) sustentam esta afirmação.

Os frutos armazenados sob a atmosfera com 5% O₂ + 0% CO₂ e 5% O₂ + 5% CO₂ também apresentaram escurecimento da casca (Figura 56), menos acentuado que os demais tratamentos, ratificando os valores observados para o ângulo hue, cromaticidade e luminosidade.

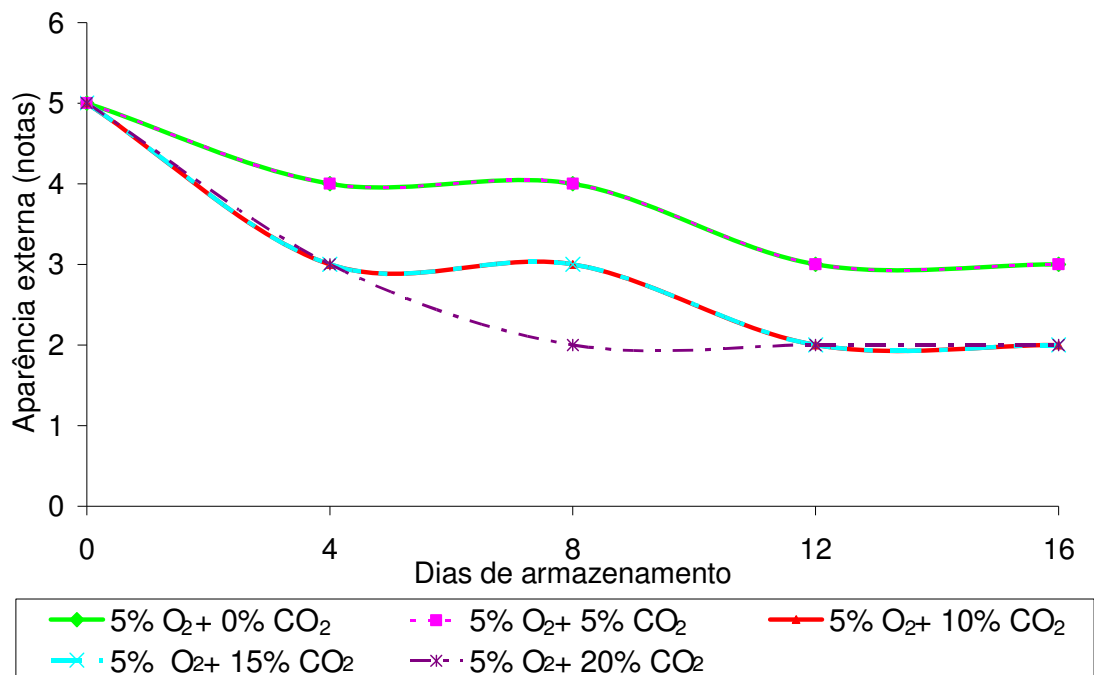


FIGURA 55 – Efeito da atmosfera controlada na aparência de lichias 'Bengal' armazenadas a 5 °C (Notas: 5= vermelho-brilhante; 4= 25% da casca escurecida; 3= 50% da casca escurecida; 2= 75% da casca escurecida; e 1= completamente escurecida).

O teor de antocianinas na casca das lichias diminuiu com o tempo de armazenamento em todos os tratamentos, porém em menor proporção para aquelas sob 5% O₂ + 5% CO₂ (Figura 57). Verificou-se que os mesmos níveis de antocianinas levaram a diminuição na luminosidade (Figura 54), o que também foi observado com a avaliação visual da aparência (Figura 55).

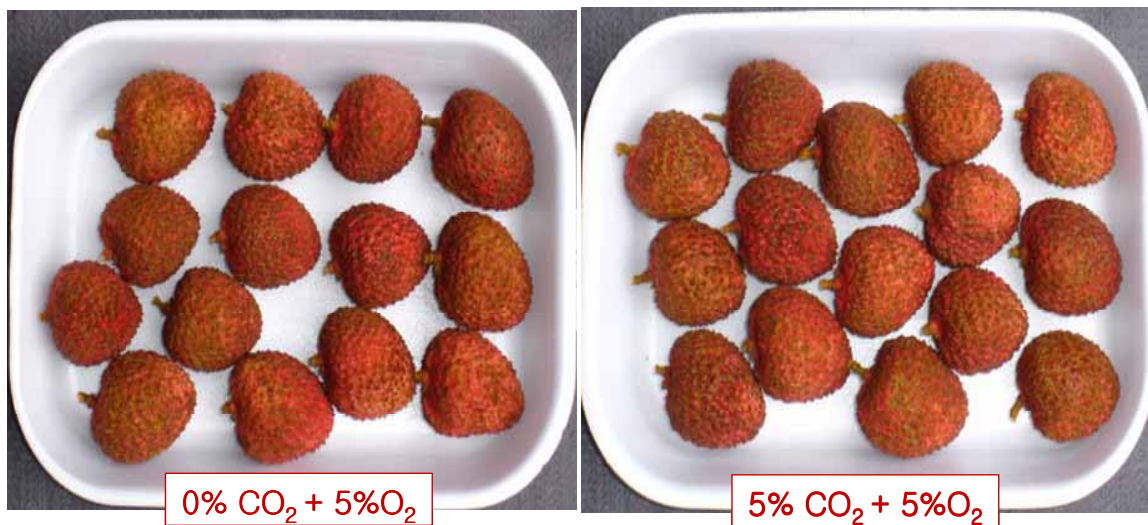


FIGURA 56 – Efeito da atmosfera controlada na aparência de lichias 'Bengal' armazenadas a 5 °C.

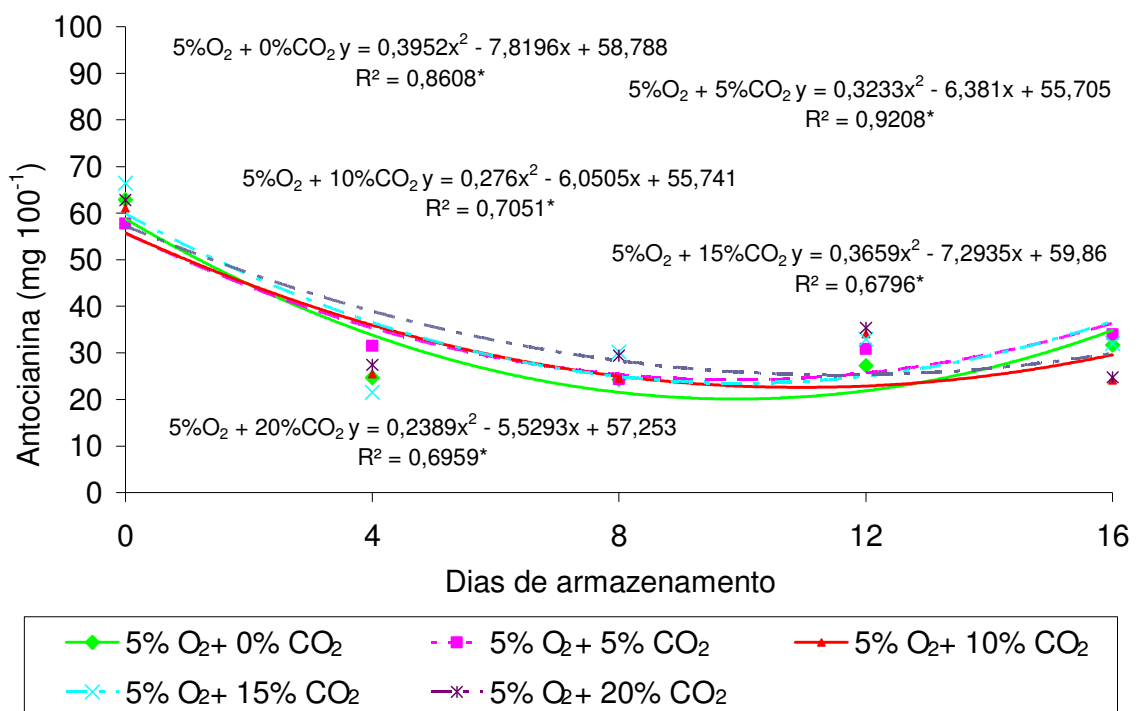


FIGURA 57 – Efeito da atmosfera controlada no teor de antocianina na casca de lichias 'Bengal' armazenadas a 5 °C.

As lichias submetidas ao tratamento com 5% de O₂ + 20% de CO₂ apresentaram a menor atividade da polifenoloxidase (PPO), ao longo do período de armazenamento (Figura 58) e, portanto, maior escurecimento. CHITARRA & CHITARRA (2005) também relataram resultados semelhantes com a utilização de concentrações superiores a 15% de CO₂ na atmosfera de armazenamento de abacates.

A redução na atividade da PPO com 5% de O₂ + 5% de CO₂ foi linear, o que indica perda da atividade com menor intensidade, confirmado pela melhor aparência, ou seja, escurecimento menos acentuado (Figura 55). Resultados semelhante foram encontrados por TIAN et al. (2005) em lichias Heiye' armazenadas a 3 °C e 95 %UR por 42 dias, sob atmosferas com 5% O₂ + 5% CO₂ ou 70% O₂ + 0% CO₂ e por HANEKOM et al. (2010) em lichias 'Mauritius' sob atmosfera controlada com 3% de O₂ + 7% de CO₂, armazenadas a 2 °C e 90 %UR, por 21 dias.

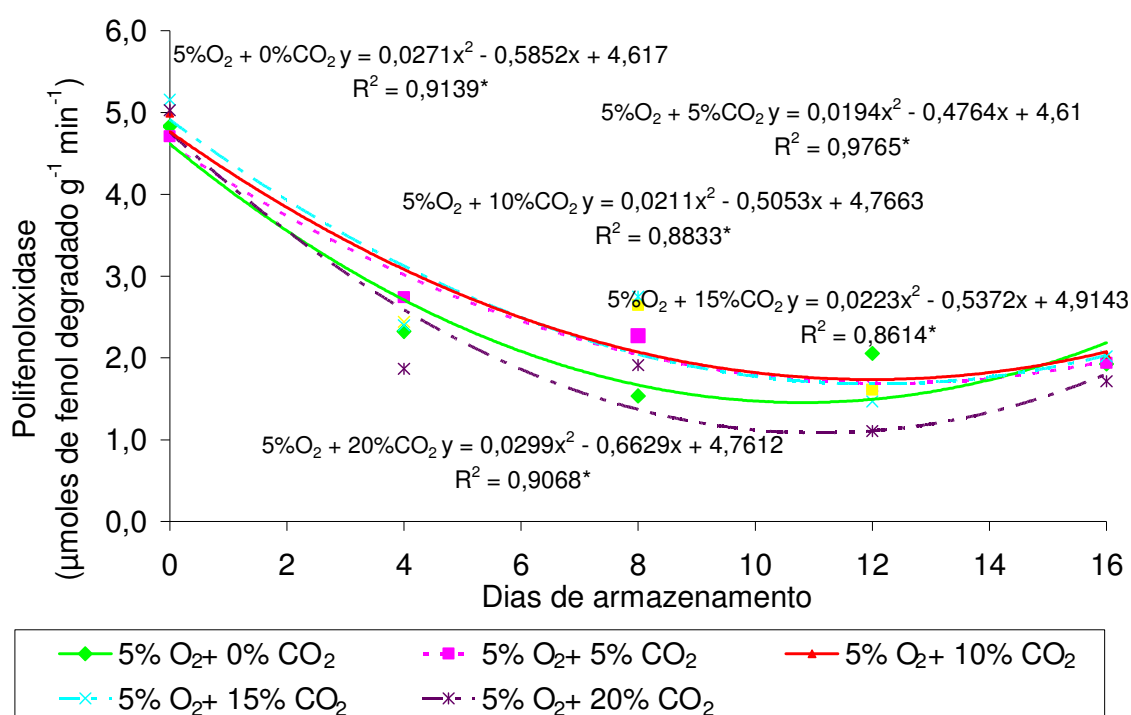


FIGURA 58 – Efeito da atmosfera controlada na atividade da polifenoloxidase da casca de lichias 'Bengal' armazenadas a 5 °C.

A atividade da peroxidase apresentou comportamento semelhante ao da PPO, ou seja, com diminuição durante o período de armazenamento (Figura 59) e com os frutos submetidos aos tratamentos com maiores concentrações de CO₂ apresentando as menores atividades. Esse decréscimo na atividade não indicou menor escurecimento do fruto. Maior atividade inicial da POD também foi observado por TIAN et al. (2005), seguido de posterior e continua redução nesta atividade, em lichias 'Heiye' armazenadas a 3 °C e 95 %UR, sendo que os tratamentos (5% O₂ + 5% CO₂ e 70% O₂ + 0% CO₂) não se mostraram diferentes, ao longo dos 42 dias de armazenamento.

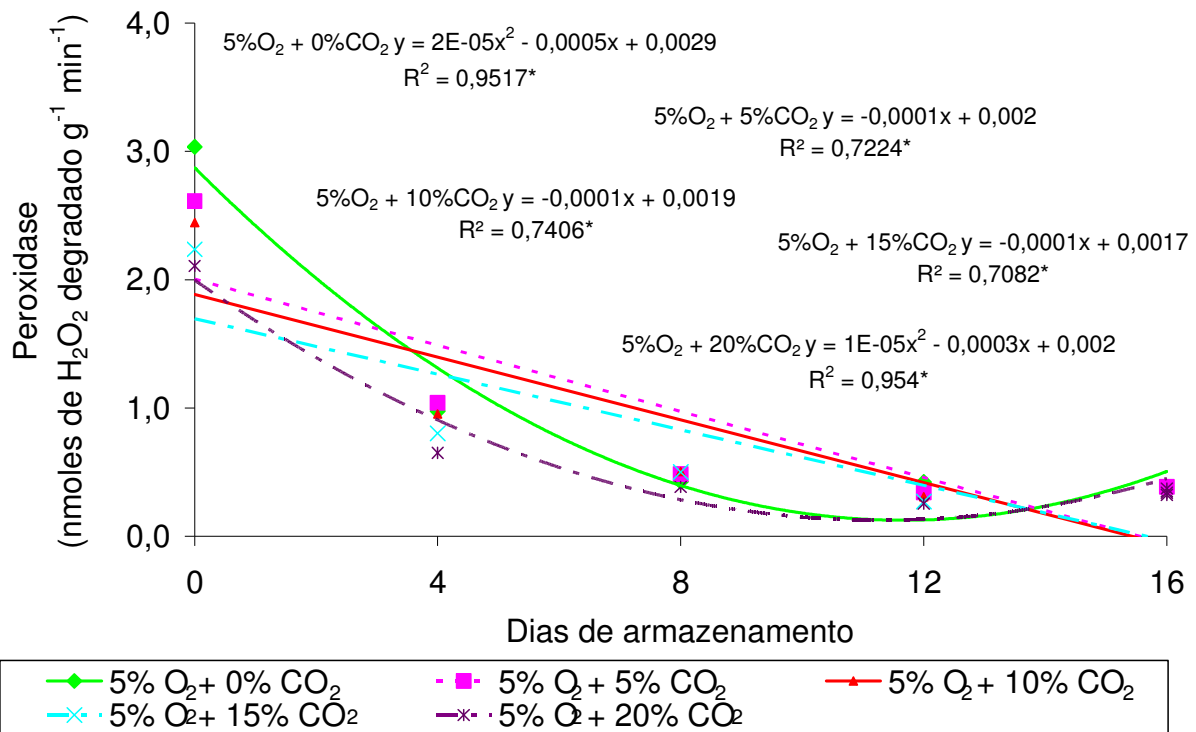


FIGURA 59 – Efeito da atmosfera controlada na atividade da peroxidase da casca de lichias 'Bengal' armazenadas a 5 °C.

Não se detectou atividade da polifenoloxidase e da peroxidase na polpa dos frutos, em todos os tratamentos estudados.

Os resultados obtidos permitem deixar observado que:

Lichias 'Bengal' apresentaram escurecimento em 25% da casca, em até 8 dias, quando armazenadas sob atmosfera controlada com 5% de O₂ associado a

concentrações de CO₂ variando de 0% a 5%. A qualidade da polpa se manteve boa por até 16 dias.

Os frutos armazenados sob atmosfera contendo concentrações de CO₂ menores que 5% apresentaram menor intensidade no escurecimento da casca, indicado por menores valores do ângulo hue e maiores de luminosidade e cromaticidade e, principalmente, pela avaliação visual da aparência.

4.5 Experimento V – Uso de atmosfera modificada, através de embalagens plásticas e cobertura de quitosana, na conservação pós-colheita de lichias

A caracterização no dia da colheita, dos frutos utilizados para experimento é apresentada na Tabela 11.

Tabela 11 – Caracterização de lichias ‘Bengal’ recém-colhidas, em 10 de janeiro de 2009.

Variáveis	Média	DP*	Variáveis	Média	DP
Massa (g)	19,7	0,84	Cromaticidade	48,7	2,29
SS (°Brix)	18,3	0,25	Luminosidade	42,5	2,52
AT (ác. málico 100g ⁻¹)	0,5	0,04	Antocianina (mg 100g ⁻¹)	80,4	12,24
pH	4,2	0,08	Polifenoloxidase		
Ácido ascórbico			(μmol de fenol min ⁻¹ g ⁻¹)	5,0	0,94
(mg 100g ⁻¹)	84,8	6,67	Peroxidase		
Ângulo hue	29,5	1,96	(nmol de H ₂ O ₂ min ⁻¹ g ⁻¹)	3,3	0,3

* DP = desvio-padrão.

Observou-se um aumento significativo na perda de massa fresca dos frutos ao longo do armazenamento, observando-se os maiores valores no tratamento com quitosana a 1,5% (18,63%), seguido por quitosana a 0,5% e 1,0% (16,64% e 16,80%, respectivamente), e pelo Testemunha (13,89%) (Figura 60). Observou-se, nos tratamentos com filmes plásticos, um aumento pouco expressivo da perda de massa, que não atingiu 1,22%, e inferiores aos encontrados por CHAIPRASART (2005), que

verificou perdas de massa superiores a 6% em lichias 'Hong Huai' embaladas com filmes de PVC e de polietileno, armazenados a 5 °C por 12 dias.

A maior eficiência destes tratamentos ocorreu pelo ambiente com elevada concentração de umidade no interior da embalagem, reduzindo a diferença de pressão de vapor de água entre os frutos e a atmosfera interna da embalagem, o que diminuiu e controlou a transpiração dos frutos (MOTA et al., 2003). SCOTT et al. (1982) também observaram uma perda de massa inferior a 2% em lichias embaladas em filmes de polietileno e armazenadas a 20 °C por 10 dias, enquanto que os frutos sem embalagem apresentaram perdas de 18 - 30%.

SAAVEDRA DEL AGUILA (2010) observaram perdas de massa fresca inferiores a 1,7% em todos os tratamentos avaliados (PVC de 0,012, 0,014 e 0,017 mm; polietileno de baixa densidade de 0,010 e 0,020 mm; polipropileno de 0,06 e 0,100 mm e PET) inclusive o tratamento controle (embalagem perfurada), em lichias 'Bengal' armazenadas a 5 °C, por 15 dias.

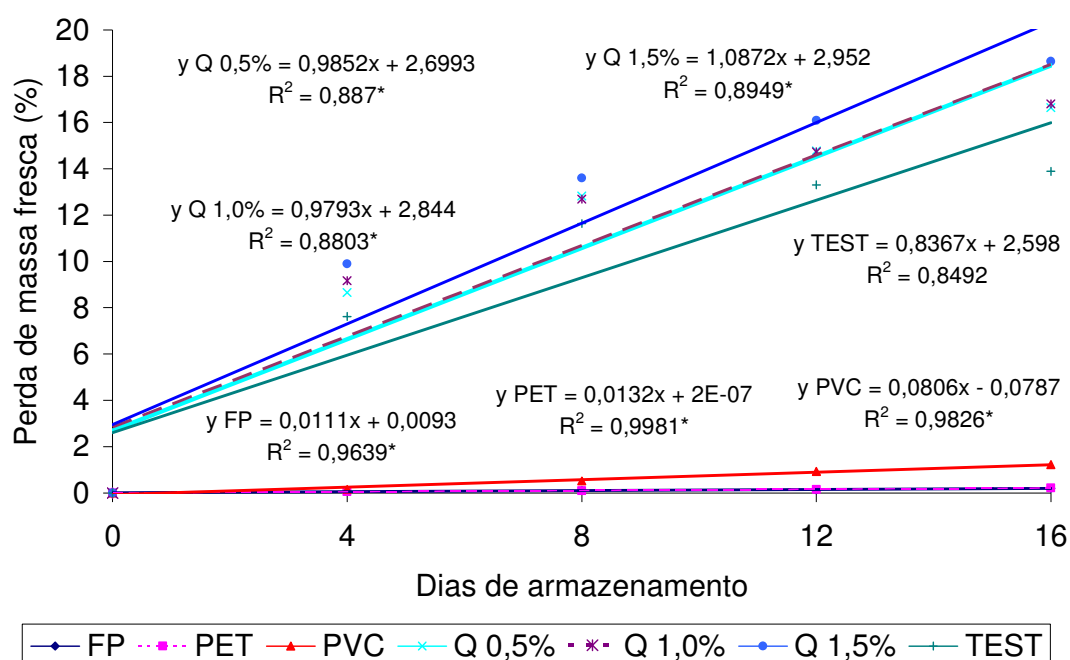


FIGURA 60 – Perda de massa fresca por lichias 'Bengal', armazenadas sob atmosfera modificada, a 5 °C (FP= filme poliolefínico; PET = polietileno tereftalato; PVC= filme de cloreto de polivinila; Q = quitosana).

A variação na concentração de O_2 e CO_2 no ambiente (Testemunha) e no interior das embalagens utilizadas é apresentado na Figura 61. Durante o período de armazenamento, verifica-se que em todos os tratamentos houve variação nas concentrações do CO_2 , e que somente na embalagem com PVC houve redução no teor de O_2 , nos três primeiros dias de armazenamento, que a partir deste período se mantiveram estáveis, média de 17,8%. Os teores de O_2 mantiveram-se próximos a 20% nas outras embalagens. Enquanto SAAVEDRA DEL AGUILA (2010) observaram níveis de O_2 de 20,10% e 19,80% no interior das embalagens de PVC, respectivamente para espessuras de 14 e 17 mm., em lichias 'Bengal' armazenadas a 5 °C e 90% UR, por 15 dias. Nas embalagens de PET apresentaram teores de O_2 de 13,55% no 15º dia de armazenamento.

SIVAKUMAR & KORSTEN (2006) verificaram variações de 6,53% a 17,00% de O_2 no interior de três tipos de embalagens de polipropileno bi-orientado com 0,035mm de espessura, em lichias 'Mauritius' armazenadas a 2 °C e 95 %UR, por 34 dias.

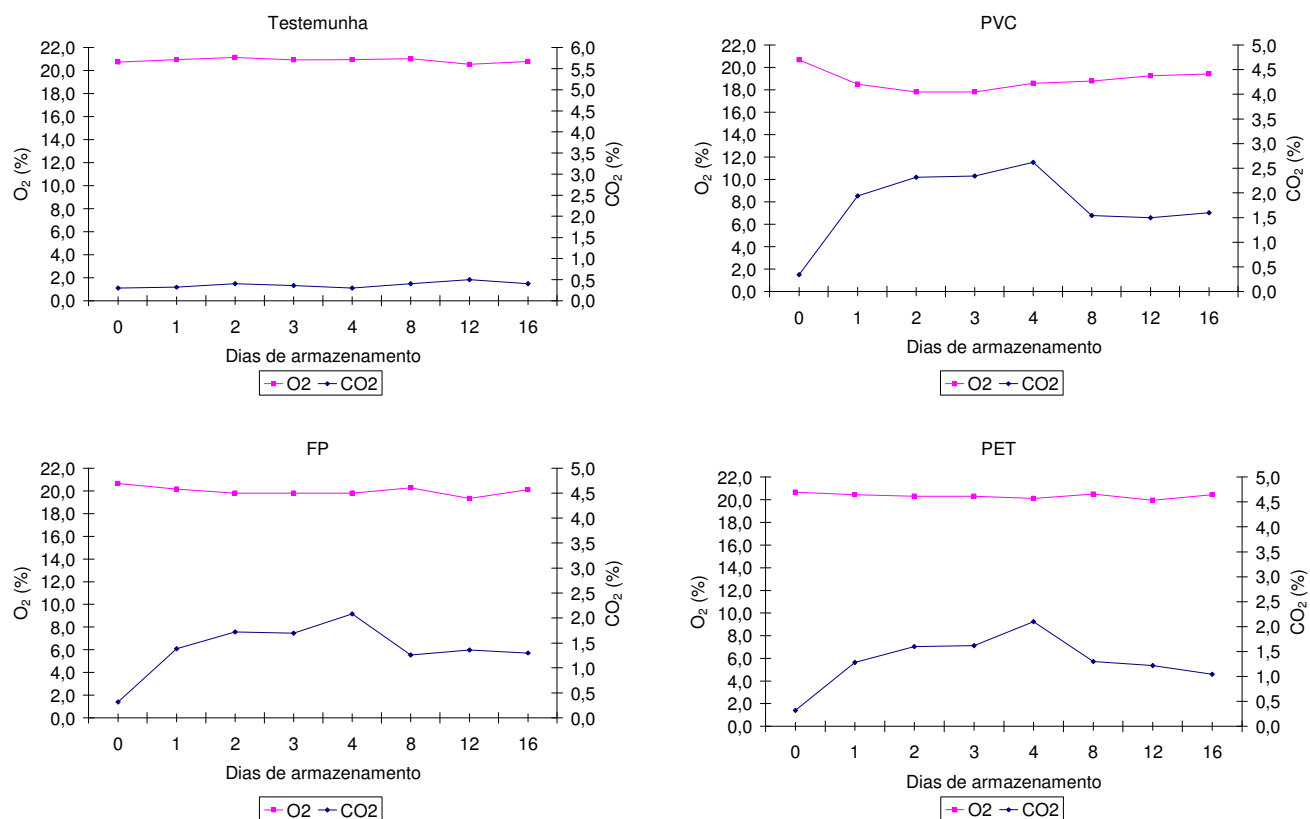


FIGURA 61 – Concentração de O₂ e CO₂ (%) no ambiente (Testemunha) e no interior das embalagens contendo lichias 'Bengal', armazenadas a 5 °C (FP= filme poliolefínico; PET= polietileno tereftalato; PVC= filme de cloreto de polivinila; Q= quitosana).

Os níveis de CO₂ no interior das embalagens, entre o 1º e o 4º dia de armazenamento, aumentou de 1,9% a 2,6% na com PVC, de 1,3% a 2,1% na de PET e de 1,4% a 2,1% na de FP (Figura 61). Os maiores valores obtidos na atmosfera modificada com PVC são resultado de sua menor permeabilidade ao CO₂, permitindo que o produzido na respiração fosse acumulado no ambiente criado pelo filme (FINGER et al., 1997). As atmosferas com PET e FP apresentaram comportamento semelhante com redução para 1,0% - 1,5%, no 8º dia e manutenção deste teor até o final do armazenamento. SIVAKUMAR & KORSTEN (2006) verificaram teores de 6% a 19% de

CO₂ no interior das três embalagens de polipropileno bi-orientado usadas para conter lichias 'Mauritius' armazenadas a 2 °C e 95 %UR, por 34 dias.

Segundo 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 inibe enzimas atuantes no ciclo de Krebs, como a succinato desidrogenase e outras responsáveis por oxidações, implicando em redução nas desordens fisiológicas e deteriorações bioquímicas.

A concentração de O₂ e CO₂ no interior da fruta também variou com o tempo de armazenamento (Figura 62). Os teores de O₂ foram de 13,1 – 14,1% no primeiro dia, e decresceram até 8,1 – 11,8%, no final do período de armazenamento. Com o CO₂, os valores iniciais, próximos a 1,3 – 1,9%, aumentaram para 2,3% - 2,5% nos frutos do testemunha ou tratados com quitosana.

Estes resultados reafirmam o observado por CERQUEIRA (2007), e demonstrou em observações realizadas com microscopia eletrônica de varredura, sobre o recobrimento de goiabas 'Kumagai' com quitosana a 2%, que o estômato aparece desobstruído, enquanto o recobrimento cobre toda a superfície.

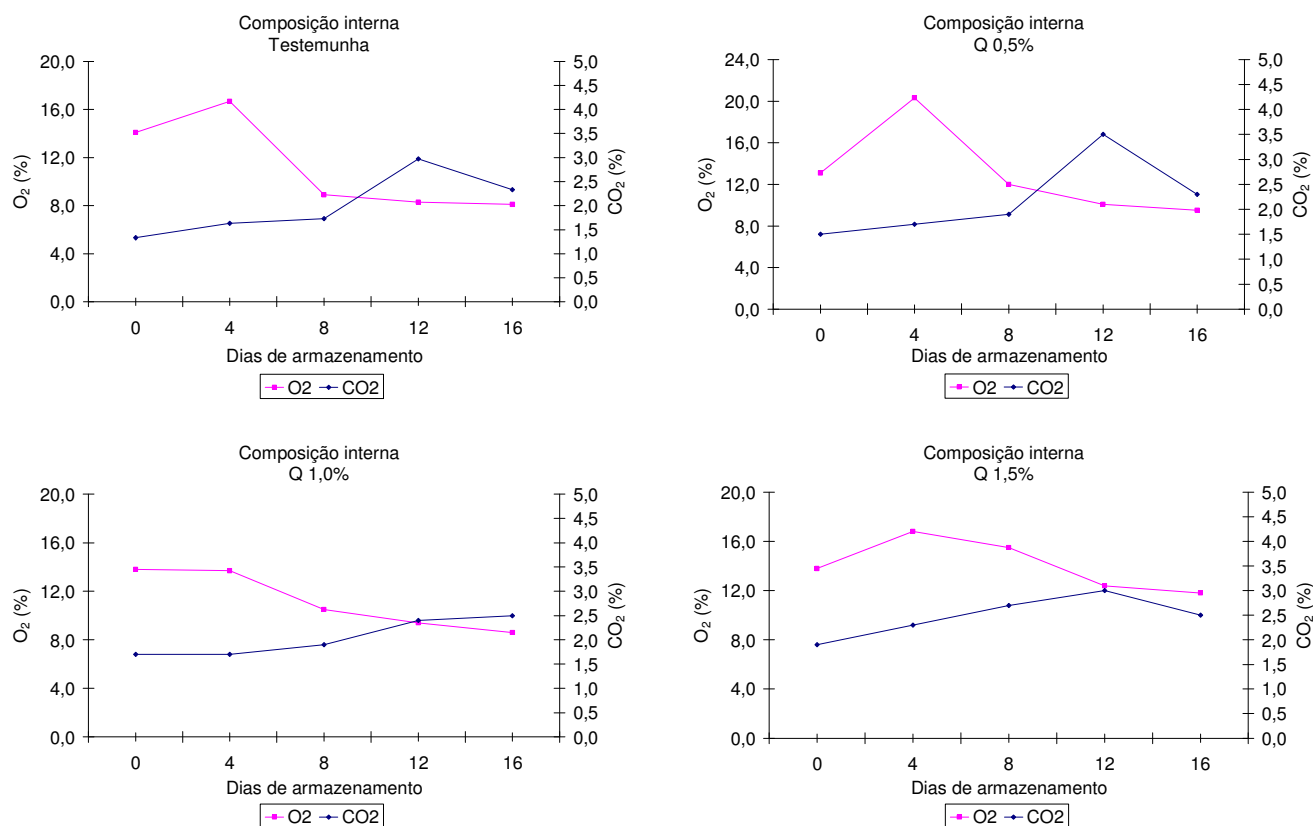


FIGURA 62 – Concentração de O₂ e CO₂ (%) no interior de lichais 'Bengal' recobertas com quitosana a 0,5%, 1,0% e 1,5%, armazenadas a 5 °C (Q= quitosana).

O teor de sólidos solúveis (SS) só foi influenciado pelo período de armazenamento (Figura 63), com os maiores teores observados nos frutos tratados com quitosana (Tabela 12), provavelmente em função da não-utilização dos açúcares como substratos respiratórios, ou da maior perda de água (Figura 60). De forma similar, SIVAKAMUR & KORSTEN (2006) também não encontraram diferenças nos teores de SS da polpa de lichias 'Mauritius' acondicionadas em embalagens de polipropileno bi-orientado e armazenadas a 2 °C, por 34 dias. Tampouco foram observados diferenças nos teores de SS, por CHAIPRASART (2005) ao utilizar filmes de polietileno e PVC para embalar lichias 'Hong Huai' armazenadas a 5 °C, por 12 dias e por SAAVEDRA DEL AGUILA (2010) em lichias 'Bengal' armazenadas a 5 °C, por 15 dias.

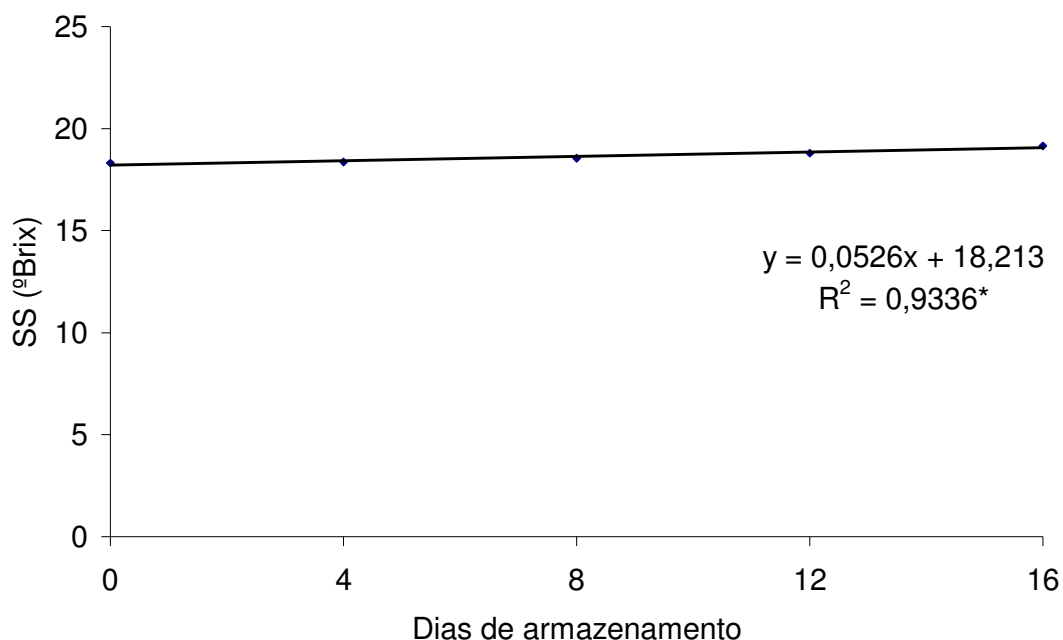


FIGURA 63 – Teor de sólidos solúveis (SS) na polpa de lichias ‘Bengal’, armazenadas sob atmosfera modificada, a 5 °C.

As diferenças na acidez titulável devidas aos tratamentos foram pequenas e com redução linear ao longo do armazenamento (Tabela 12 e Figura 64), devido à utilização metabólica dos ácidos (KAYS, 1991). Esta redução na acidez titulável levou a aumento no pH (Tabela 12 e Figura 65).

Reduções na acidez também foram observadas por PESIS et al. (2002) em lichias ‘Mauritius’ acondicionadas em sacolas de polietileno sob refrigeração, assim como por WU et al. (2001), em lichias ‘Feizixiao’ embaladas em filme de polietileno de 0,03 mm a 4 °C, por 27 dias, e por CHAI PRASART (2005), que utilizou filmes de polietileno e PVC em lichias ‘Hong Huai’ armazenadas a 5 °C, por 12 dias. SIVAKUMAR & KORSTEN (2006) observaram aumento na acidez no armazenamento refrigerado de lichias ‘Mauritius’, em embalagens de polipropileno bi-orientado.

Tabela 12 - Teores de sólidos solúveis (SS), acidez titulável (AT), pH e ácido ascórbico na polpa de lichias 'Bengal', armazenadas sob atmosfera modificada, a 5 °C, por 16 dias.

Tratamento	SS (°Brix)	AT (g ác. málico 100g ⁻¹)	pH	Ácido ascórbico (g 100 ⁻¹ g)
Testemunha	18,68abc	0,48a	4,00a	62,33 b
FP	18,26 c	0,45ab	4,07a	78,51a
PET	18,27 c	0,45ab	4,07a	80,89a
PVC	18,48 bc	0,45ab	4,13a	77,88a
Quitosana 0,5%	18,90ab	0,46ab	4,13a	78,37a
Quitosana 1,0%	18,80ab	0,44 b	4,20a	66,69 b
Quitosana 1,5%	19,04a	0,45ab	4,13a	74,85a
CV (%)	2,34	7,92	7,52	9,77

Médias seguidas de pelo menos uma mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P < 0,05$) (FP= filme poliolefínico; PET = polietileno tereftalato; PVC = filme de cloreto de polivinila; Q = quitosana).

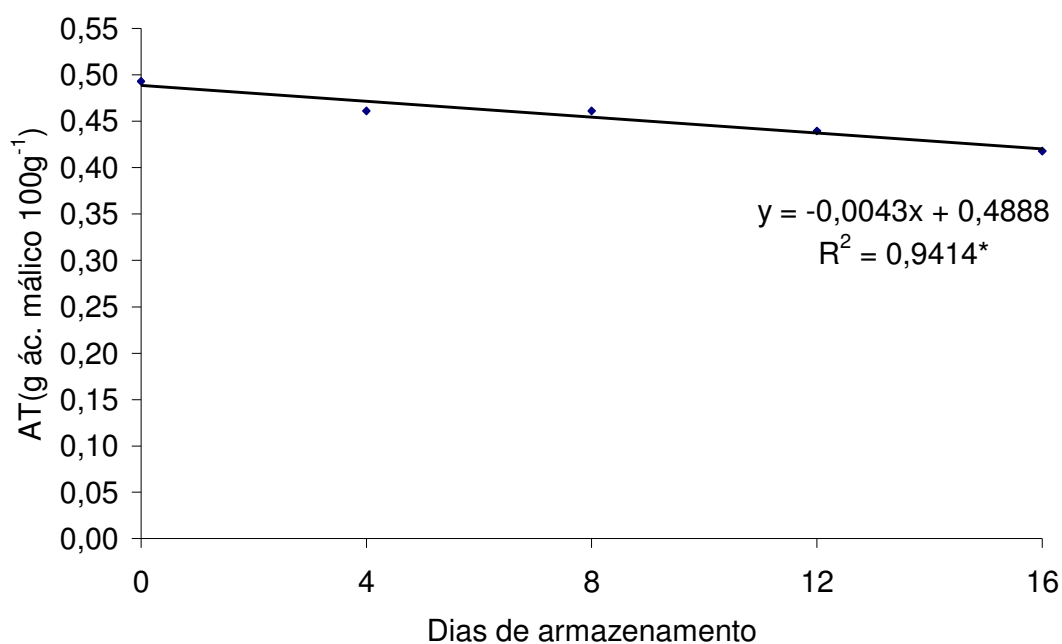


FIGURA 64 – Teor de acidez titulável (AT) na polpa de lichias 'Bengal', armazenadas sob atmosfera modificada, a 5 °C.

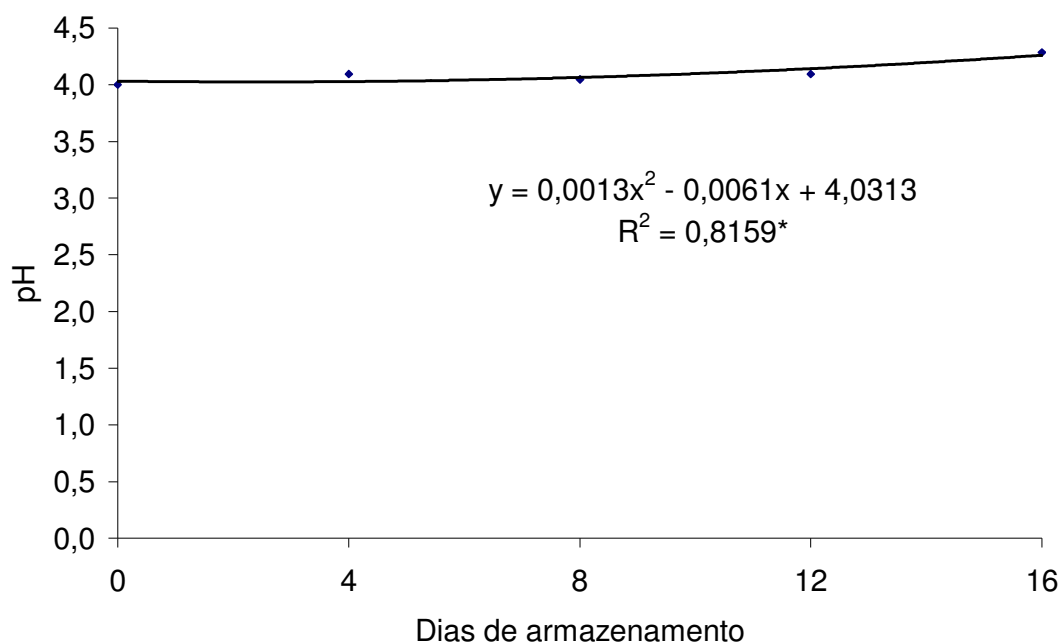


FIGURA 65 – pH na polpa de lichias 'Bengal', armazenadas sob atmosfera modificada, a 5 °C.

Verificou-se aumento na relação entre os teores de sólidos solúveis e de acidez titulável, durante o período de armazenamento (Figura 66), nos frutos de todos os tratamentos. Os do testemunha apresentaram menor relação do que os armazenados sob atmosfera modificada, devido a acidez mais alta, indicando metabolismo mais intenso.

Nos demais tratamentos, a provável causa do aumento na relação SS/AT foi devido ao aumento no teor de sólidos solúveis e redução no de acidez titulável, o que não afetou a característica avaliada.

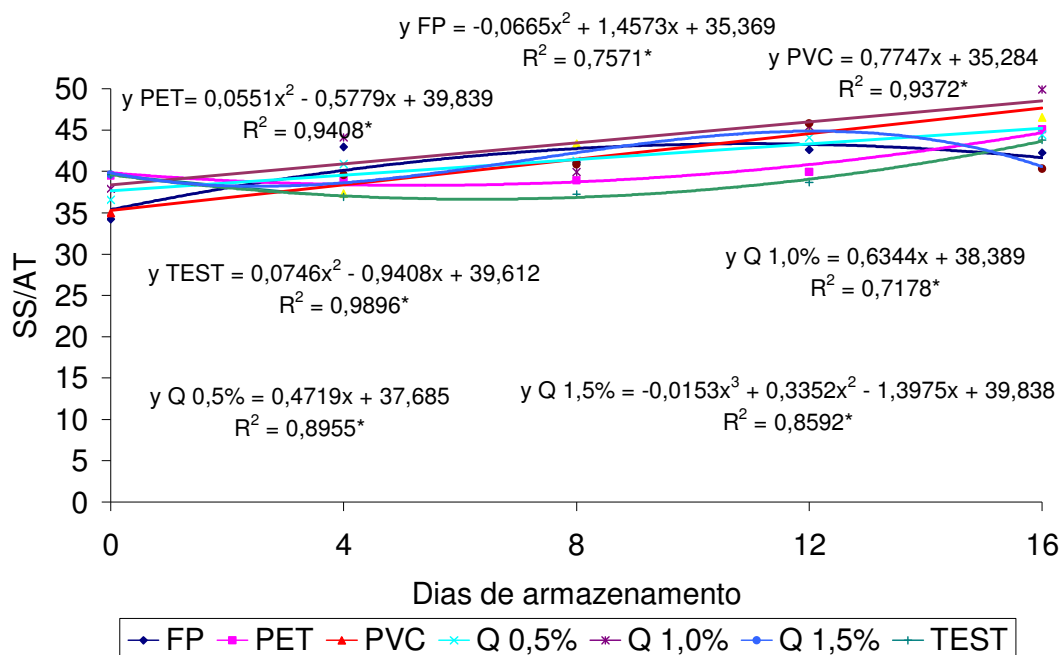


FIGURA 66 – Relação entre os teores de sólidos solúveis e acidez titulável (SS/AT) na polpa de lichias 'Bengal', armazenadas sob atmosfera modificada, a 5 °C (FP= filme poliolefínico; PET= polietileno tereftalato; PVC= filme de cloreto de polivinila; Q= quitosana).

As diferentes atmosferas testadas não evitaram que ocorressem significativas reduções nos teores de ácido ascórbico da polpa dos frutos, durante o período de armazenamento (Figura 67). No tratamento com quitosana a 1,0% e no Testemunha, os teores de ácido ascórbico foram os menores (Tabela 12), o que está relacionado com a intensidade da oxidação dos ácidos orgânicos durante o amadurecimento.

Reduções dos teores de ácido ascórbico também foram relatadas por WU et al. (2001) em lichias 'Feizixiao' embaladas em filme polietileno com 0,03 mm e armazenadas a 4 °C, por 27 dias, e por SAAVEDRA DEL AGUILA (2010) em lichias 'Bengal' recobertas com PVC de 0,012, 0,014 e 0,017 mm, polietileno de baixa densidade de 0,010 e 0,020 mm, polipropileno de 0,06 e 0,100 mm e PET e armazenadas a 5 °C, por 15 dias.

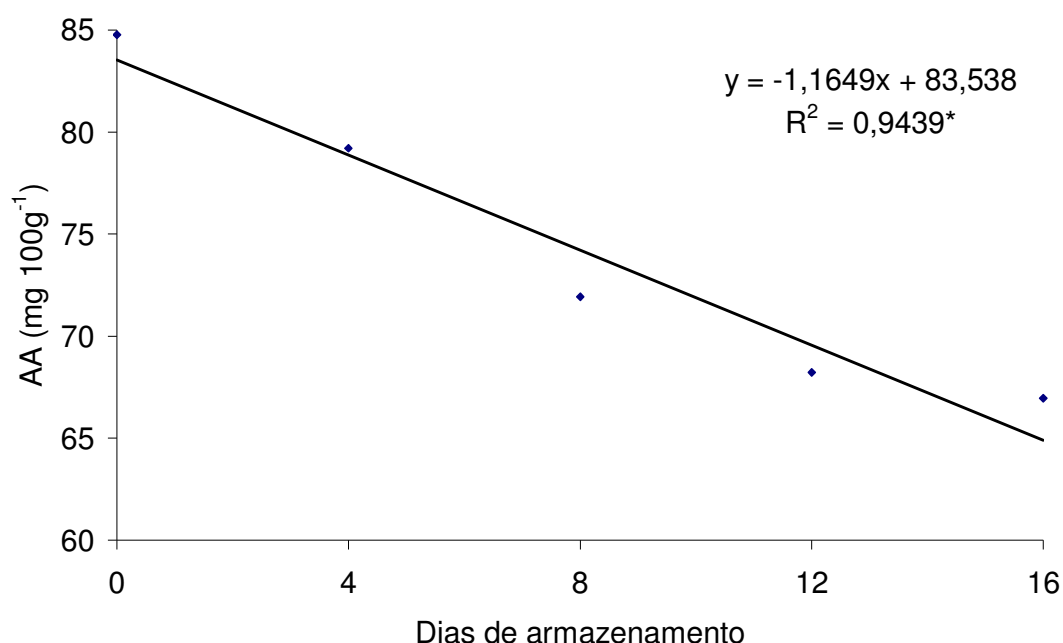


FIGURA 67 – Teor de ácido ascórbico (AA) na polpa de lichias 'Bengal', armazenadas sob atmosfera modificada, a 5 °C.

Houve interação entre as atmosferas modificadas e os diferentes tempos de armazenamento para o ângulo hue (Figura 68). Os frutos tratados com quitosana e os embalados com PVC, PET e FP diferiram significativamente quanto à evolução da cor da casca, a partir do 1º dia de armazenamento. Do mesmo modo, houve diferença significativa entre os tratamentos PVC, PET e FP, pois a coloração da casca só evoluiu de vermelho para preto após o 4º dia de armazenamento. Redução na luminosidade e na cromaticidade e aumento no ângulo hue foram observados por CHAI PRASART (2005), ao utilizar filmes de polietileno e de PVC para embalar lichias 'Hong Huai', que foram armazenadas a 5 °C, por 12 dias. No entanto, SIVAKUMAR & KORSTEN (2006) observaram aumento na luminosidade em lichias 'Mauritius' contidas em embalagens de polipropileno bi-orientado e mantidas sob armazenamento refrigerado. Enquanto SAAVEDRA DEL AGUILA (2010), não observou no 15º dia de avaliação diferenças significativas na luminosidade em relação aos valores iniciais em todos os tratamentos (PVC de 0,012, 0,014 e 0,017 mm, polietileno de baixa densidade de 0,010 e 0,020 mm,

polipropileno de 0,06 e 0,100 mm e PET) em lichias 'Bengal' armazenadas a 5 °C, por 15 dias.

HANEKOM et al. (2010) também observaram em lichias 'Mauritius' altos valores de cromaticidade e ângulo hue após 21 dias de armazenamento a 2 °C e 90 %UR, sob atmosfera modificada por polipropileno bi-orientado e 0,035mm (17% de O₂ e 7% de CO₂).

Os frutos envolvidos pela quitosana, nas diferentes concentrações, não diferiram entre si e mantiveram a coloração vermelha e típica deste fruto, sem escurecimento, e indicado pelo menor ângulo hue, maior cromaticidade (Figura 69) e maior luminosidade (Figura 70).

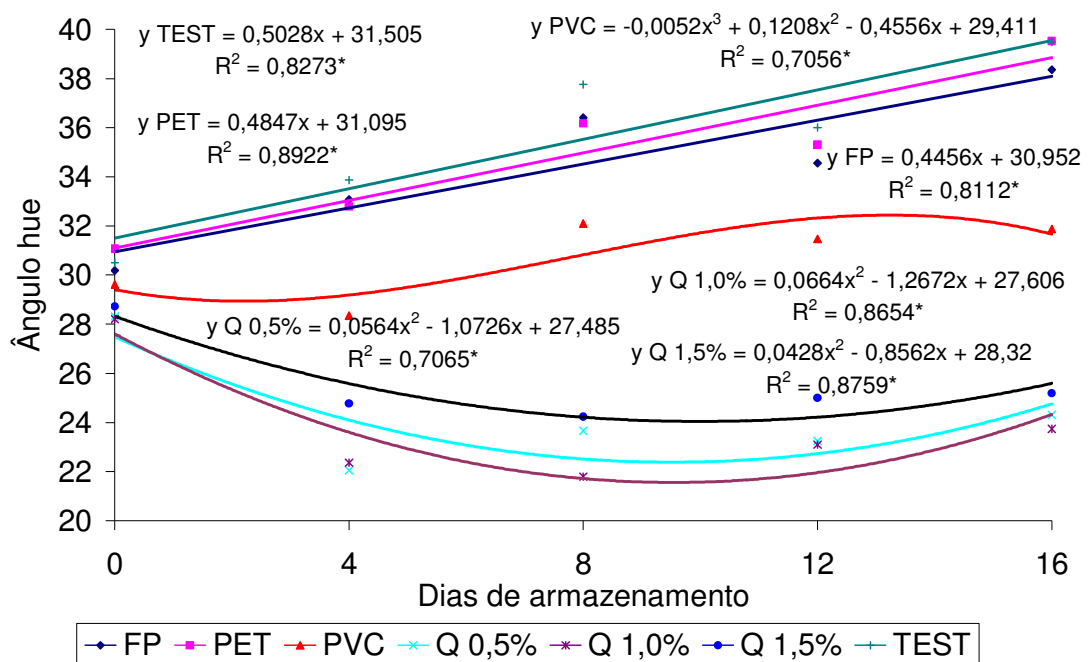


FIGURA 68 – Ângulo hue da casca de lichias 'Bengal', armazenadas sob atmosfera modificada, a 5 °C (FP= filme poliolefinico; PET= polietileno tereftalato; PVC= filme de cloreto de polivinila; Q= quitosana).

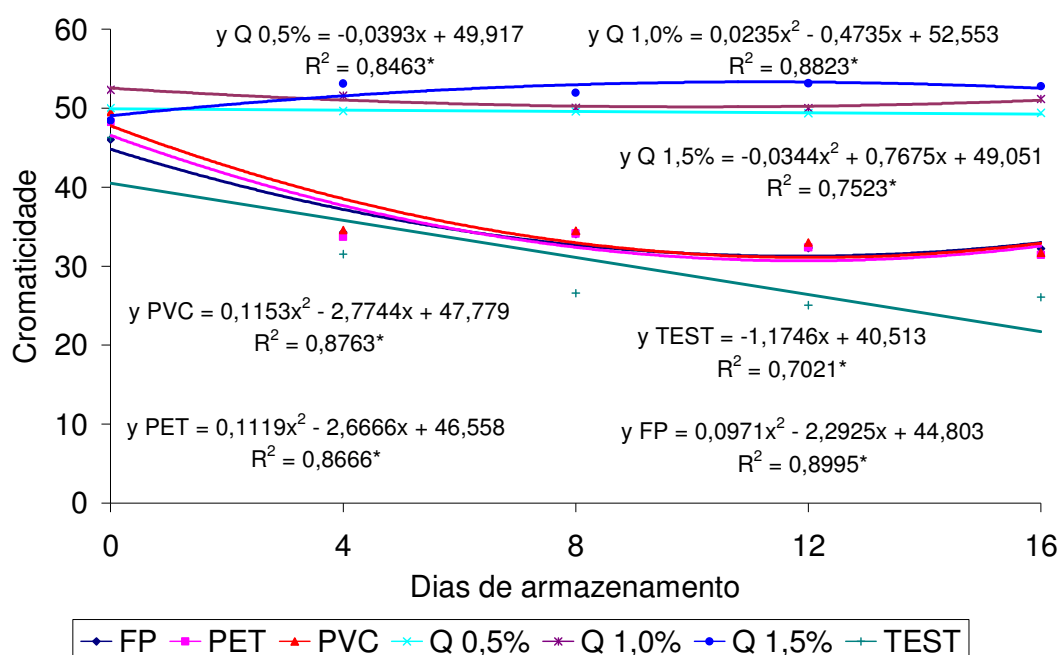


FIGURA 69 – Cromaticidade da casca de lichias 'Bengal', armazenadas sob atmosfera modificada, a 5 °C (FP= filme poliolefínico; PET= polietileno tereftalato; PVC= filme de cloreto de polivinila; Q= quitosana).

Os frutos expostos às atmosferas com PVC, PET e FP apresentaram, em 8 dias, 25% da casca escurecida (nota 4). Este escurecimento mais uma vez ficou, restrito a superfície dos frutos e aumentou durante o tempo de armazenamento, com comprometimento de sua comercialização, em 12 dias (Figuras 71 e 72), o que também é ratificado pelos valores de luminosidade (Figura 70). A aplicação de quitosana foi positiva à manutenção da aparência dos frutos durante todo o período de armazenamento.

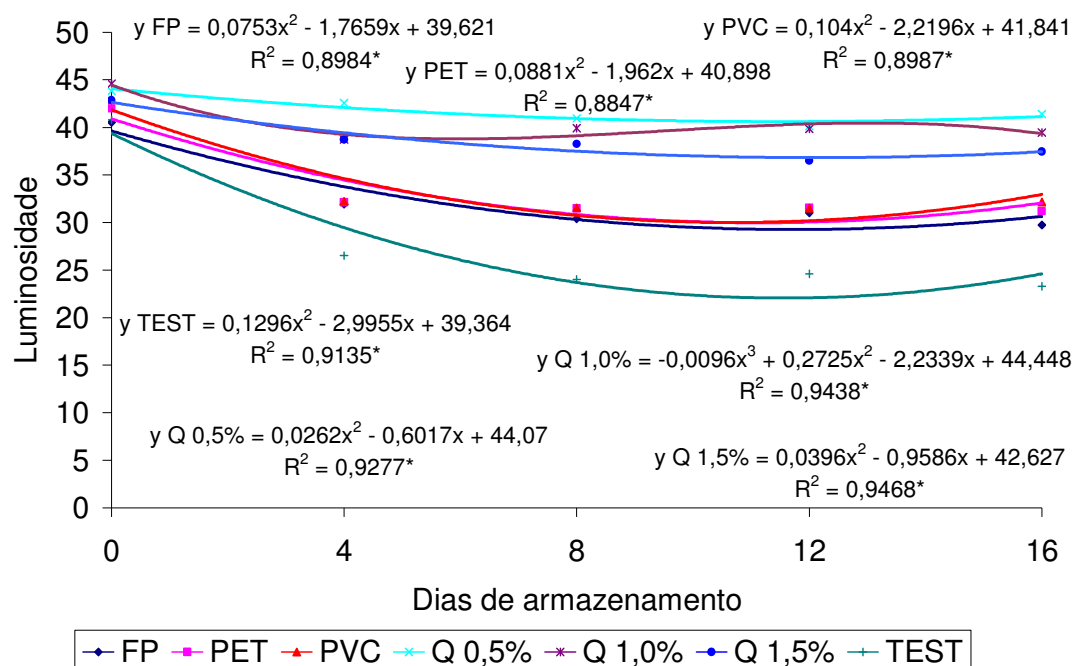


FIGURA 70 – Luminosidade da casca de lichias 'Bengal', armazenadas sob atmosfera modificada, a 5 °C (FP= filme poliolefínico; PET= polietileno tereftalato; PVC= filme de cloreto de polivinila; Q= quitosana).

Observou-se também, redução significativa no teor de antocianinas da casca dos frutos, ao longo do armazenamento, observando-se os maiores valores nos frutos submetidos às diferentes concentrações de quitosana, seguido dos embalados nos filmes de PVC, PET e FP (Figura 73). O teor mais elevado de antocianinas na casca é resultado da sua degradação menos intensa e tem relação direta com a taxa de escurecimento.

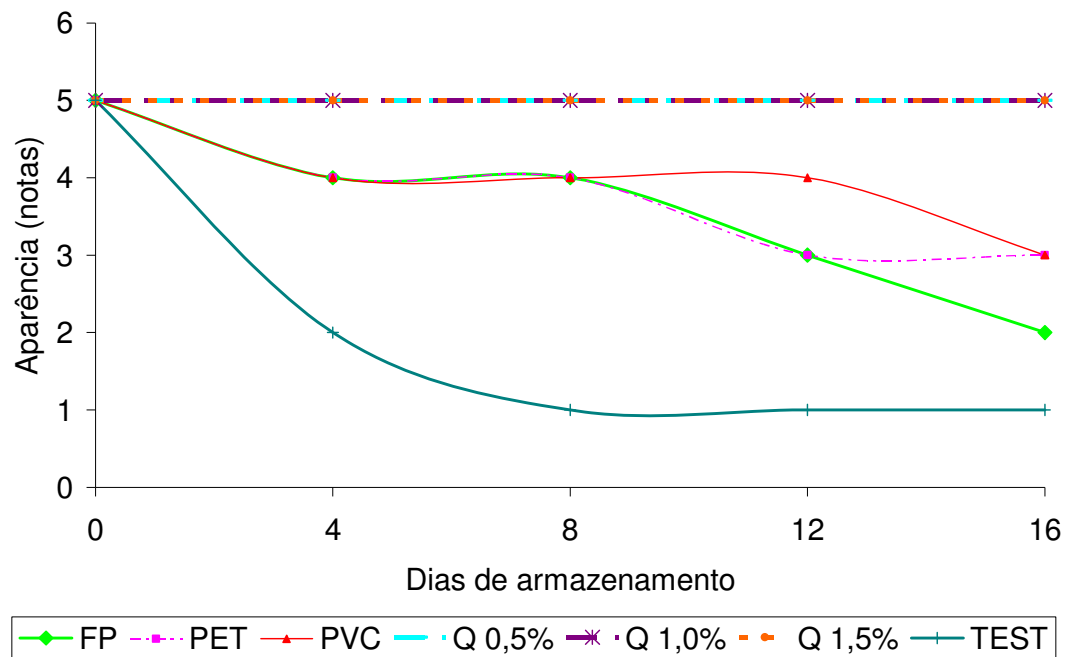


FIGURA 71 – Aparência de lichias 'Bengal', armazenadas sob atmosfera modificada, a 5 °C. (Notas: 5= vermelho-brilhante; 4= 25% da casca escurecida; 3= 50% da casca escurecida; 2= 75% da casca escurecida; e 1= completamente escurecida).

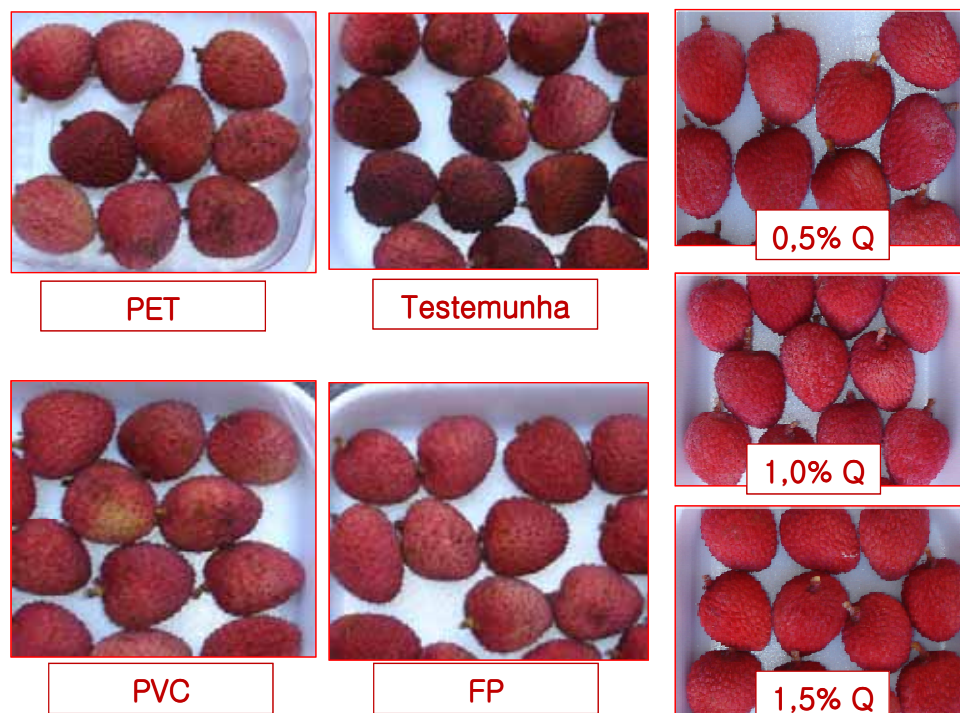


FIGURA 72 – Aparência de lichias 'Bengal', armazenadas sob atmosfera modificada e a 5 °C, por 16 dias.

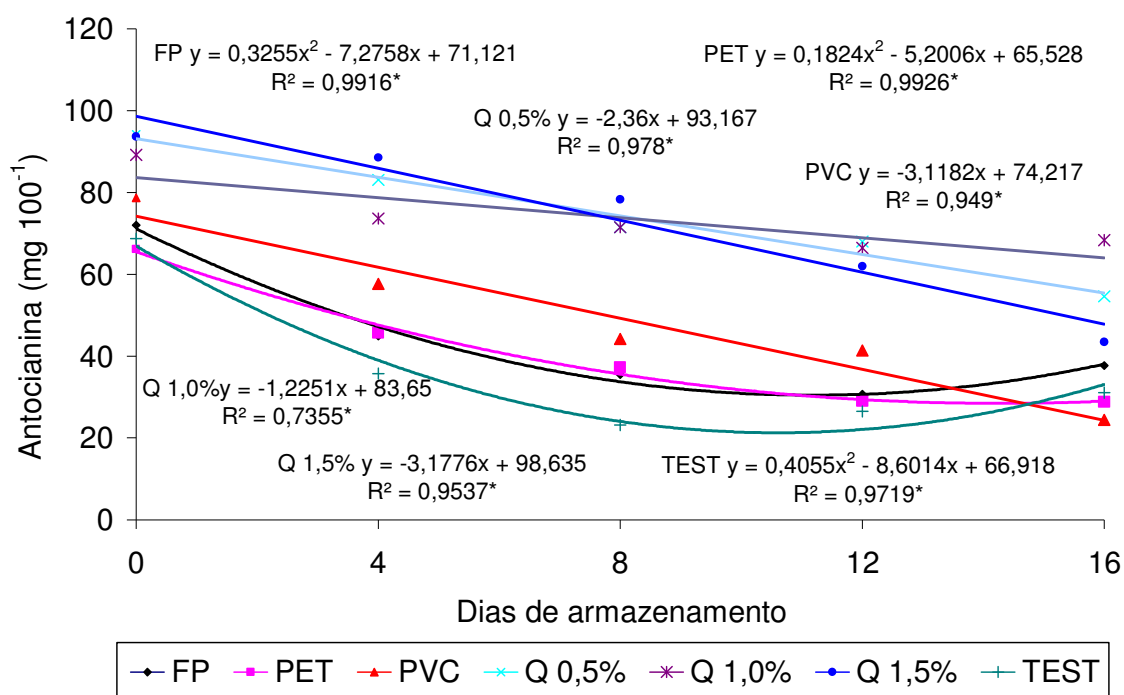


FIGURA 73 – Teores de antocianina na casca de lichias 'Bengal', armazenadas sob atmosfera modificada, a 5 °C (FP= filme poliolefínico; PET= polietileno tereftalato; PVC= filme de cloreto de polivinila; Q= quitosana).

Este escurecimento tem sido atribuído à degradação de antocianinas, devido a ação das enzimas polifenoloxidase (PPO) e peroxidase (POD) (UNDERHILL, 1992). Segundo LEE & WICKER (1991), a PPO não oxida diretamente as antocianinas, mas o produto da oxidação do 4-metilcatecol pela PPO é o responsável pela aceleração da degradação destes pigmentos. Esta explicação não se aplica aos frutos tratados com quitosana, devido a proteção dada às antocianinas contra a atividade das enzimas polifenoloxidase e peroxidase pela alta acidez deste revestimento (Figuras 74 e 75).

Nos frutos expostos à atmosfera modificada com filmes, principalmente o PVC, a menor degradação de antocianina está relacionada com a menor atividade das enzimas PPO e POD. TIAN et al. (2005), no entanto, observaram que esta atividade não teve um padrão de resposta em função dos tratamentos ou do tempo, em lichias 'Heiye' armazenadas a 3 °C e 95 %UR, por 42 dias, e embaladas em filme de polietileno de 0,030 mm (15 – 19 %O₂ + 2 – 4 %CO₂) ou atmosfera controlada (5 %O₂ + 5 %CO₂ e 70

%O₂ + 0 %CO₂). SAAVEDRA DEL AGUILA (2010) também observou atividade desta enzima sem um padrão definido em lichias 'Bengal' armazenadas a 5 °C, por 15 dias, sendo o tratamento controle (embalagem perfurada) o que apresentou menor atividade da PPO em relação aos demais tratamentos (PVC de 0,012, 0,014 e 0,017 mm; polietileno de baixa densidade de 0,010 e 0,020 mm; polipropileno de 0,06 e 0,100 mm e PET). O autor também relata que os filmes PP de 0,06 e 0,10 mm)

SIVAKUMAR et al. (2008) observaram redução na atividade da PPO em lichias 'McLean's Red' tratadas com EDTA a 0,1% ou 4-Hexilresorcinol a 0,1% e envolvidas em embalagens de polipropileno bi-orientado a 0,035 mm, armazenadas a 2 °C e 90 %UR, por 18 dias e 2 dias, a 14 °C e 75 %UR.

Os altos teores de antocianina nos frutos submetidos à quitosana, provavelmente, foi devido à baixa acidez (pH=0,8) proporcionada pela diluição da quitosana em ácido tartárico. Segundo HOLCROFT & MITCHAM (1996), a estrutura e a cor da antocianina são dependentes das condições internas das células, particularmente do pH, da presença de íons e de moléculas fenólicas. A importância do pH intracelular, na fixação e reversão de antocianinas, também tem sido reconhecida e explicada por UNDERHILL et al. (1992). A desidratação pode aumentar o pH da célula, enfatizando a influência da água no escurecimento.

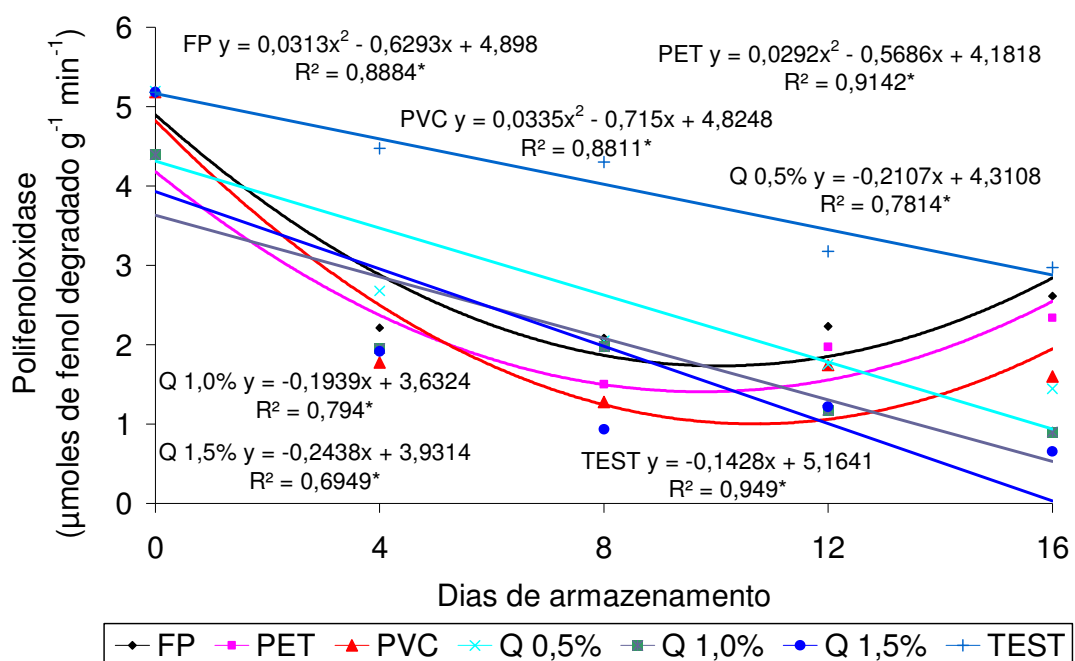


FIGURA 74 – Atividade da polifenoloxidase na casca de lichias 'Bengal', armazenadas sob atmosfera modificada, a 5 °C (FP=filme poliolefinico; PET=polietileno tereftalato; PVC=filme de cloreto de polivinila; Q=quitosana).

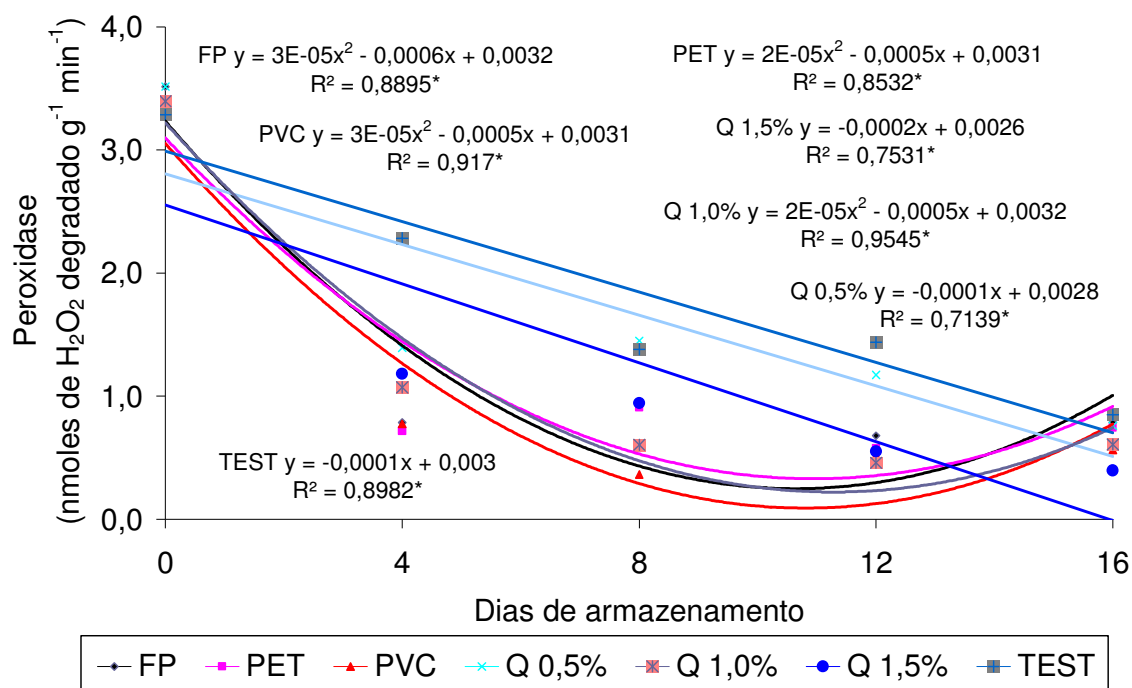


FIGURA 75 – Atividade da peroxidase da casca de lichias 'Bengal', armazenadas sob atmosfera modificada, a 5 °C. (FP= filme poliolefinico; PET= polietileno tereftalato; PVC= filme de cloreto de polivinila; Q= quitosana).

DUCAMP-COLLIN et al. (2008), utilizando quitosana a 0,75%, dissolvida em ácido cítrico a 60%, em lichias 'Guiwei' e 'Huaizhi' armazenadas a 4 °C e 90 %UR, por 21 dias, observaram que as cultivares apresentaram respostas diferentes aos tratamentos. A cultivar Guiwei apresentou efeito reduzido na atividade das enzimas PPO e POD. De modo geral, a quitosana restringiu a redução nos teores de antocianina e o aumento na atividade de PPO, e assim como inibiu parcialmente a atividade da POD, durante o armazenamento. Estes autores também relatam que o efeito da quitosana é reforçado pelo uso de ácido cítrico, que possui efeito inibitório às enzimas oxidativas, como a PPO.

MIZOBUTSI et al. (2010), estudando o efeito do pH nas atividades da peroxidase (POD) e polifenoloxidase (PPO) do pericarpo de lichia 'Bengal', relatam que POD e

PPO apresentaram ótima atividade em pH 6,5 e 7,0 e nenhuma atividade foi detectada a pH 2,5 e 9,5.

Os resultados obtidos permitem deixar observado que:

O armazenamento das lichias sob refrigeração, associado ao tratamento com quitosana, proporcionou a manutenção da coloração vermelha da casca por 16 dias, sendo a concentração de 0,5% a mais recomendável, pela facilidade de aplicação e por proporcionar a menor perda de massa fresca.

A atmosfera estabelecida pelo filme de PVC foi a mais efetiva em reduzir a perda de massa fresca e a perda da coloração vermelha.

5 CONCLUSÕES

5.1 Experimento I – Uso de tratamento hidrotérmico, associado ou não com imersão em solução de HCl, na conservação de lichias ‘Bengal’, sob condição de ambiente

A combinação entre tratamento hidrotérmico (52 °C por 1 minuto) e resfriamento em HCl a 0,087M permitiu conservar a coloração das lichias por até dois dias com 25% de escurecimento e até o 3º dia, com 50% de escurecimento.

5.2 Experimento II – Armazenamento de lichias ‘Bengal’ utilizando-se diferentes temperaturas

O armazenamento de lichia a 5 °C manteve a boa aparência por até 13 dias e a qualidade da polpa até o final do período, 25 dias. O armazenamento a 2 °C levou a maiores prejuízos na aparência.

As temperaturas, de 10 °C e 20 °C, não foram efetivas para a manutenção da cor vermelha da casca.

5.3 Experimento III – Armazenamento de lichias ‘Bengal’ sob atmosfera controlada

Lichias da cultivar Bengal mantiveram coloração vermelha da casca por até 7 dias, quando armazenadas sob atmosfera controlada, com concentrações de O₂ variando de 5% a 20%. A qualidade da polpa se manteve por até 21 dias.

Os frutos armazenados sob atmosfera com 5% de O₂ apresentaram a menor intensidade no escurecimento da casca.

5.4 Experimento IV – Armazenamento de lichias ‘Bengal’ sob atmosfera controlada com diferentes concentrações de CO₂

Atmosfera controlada com 5% de O₂ e 0-5% de CO₂ conservou as lichias por 8 dias, com escurecimento em 25% da casca, e a polpa com boa qualidade por até 16 dias.

Os frutos armazenados sob atmosfera contendo concentrações de CO₂ acima de 5% apresentaram a maior intensidade no escurecimento da casca.

5.5 Experimento V – Uso de atmosfera modificada, através de embalagens plásticas e cobertura de quitosana, na conservação pós-colheita de lichias

O armazenamento das lichias sob refrigeração, associado ao tratamento com quitosana a 0,5%, proporcionou a manutenção da coloração vermelha da casca por 16 dias.

A atmosfera estabelecida pelo filme de PVC foi a mais efetiva em reduzir a perda de massa fresca e conservar a coloração vermelha.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O uso tratamento hidrotérmico (52 °C por 1 minuto) e resfriamento em HCl a 0,087M ofereceu o melhor controle do escurecimento da casca sob condição de ambiente. No entanto, quando os frutos foram armazenados sob refrigeração (Experimento II), os resultados foram mais efetivos na conservação pós-colheita, principalmente na temperatura de 5 °C. A associação do tratamento hidrotérmico seguido do resfriamento em HCl e armazenados em temperatura de 5 °C é uma técnica que pode ser uma alternativa viável de aplicação pelos produtores de lichia.

Outra alternativa de utilização de conservação da coloração vermelha da casca da lichia é o armazenamento dos frutos em bandejas de poliestireno recobertas com filme de PVC, sendo sob refrigeração. Esta técnica permite uma maior eficiência, pois evita a perda da umidade dos frutos, fator esse relacionado diretamente ao escurecimento.

O armazenamento das lichias sob refrigeração, associada à atmosfera modificada por quitosana, proporcionou a manutenção da coloração vermelha da casca até o final do armazenamento, com a concentração de 0,5% como a mais recomendável, pela facilidade de aplicação, tornando os frutos mais atraentes. Foi verificado que a alta concentração possui dificuldade para secagem e manipulação dos frutos, tornando-se um problema de questão operacional inviável para escala comercial. Portanto, o uso dessa tecnologia, possui grande potencial, se observadas essas condições. Estudos precisam continuar nesse objetivo, de forma a garantir a eficácia da quitosana.

7 REFERÊNCIAS

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

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

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

ASSIS, O.B.G.; LEONI, A.M. Filmes comestíveis de quitosana. **Revista Biotecnologia, Ciência e Desenvolvimento**, Uberlândia, n. 30, p.33-38, 2003.

BAGSHAW, J.; UNDERHILL, S.J.R.; DAHLER, J. Lychee hydrocooling. **Queensland Fruit and Vegetable News**, London, v.16, june, p.12-13, 1994.

BARNETT, H. L. Illustrated genera of imperfect fungi. 3 Ed. Minneapolis, Burgess Publishing Company, 1972, 241p.

BRON, I. U.; JACOMINO, A. P.; APPEZZATO-DA-GLORIA, B. Alterações anatômicas e físico-químicas associadas ao armazenamento refrigerado de pêssegos 'Aurora-1' e 'Dourado- 2 '. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n. 10, p. 1349-1358, 2002.

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

CARO, Y.; JOAS, J. Postharvest control of litchi pericarp browning (cv. Kwai Mi) by combined treatments of chitosan and organics acids II. Effect of the initial water content of pericarp. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v.38, n.1, p.137-144, 2005.

CERQUEIRA, T. S. **Recobrimentos comestíveis em goiabas cv. 'Kumagai'**. 2007. 69p. Tese (Doutorado em Fisiologia e Bioquímica de Plantas) – Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2007.

CHAIPRASART, P. Effect of modified atmosphere packaging by PE and PVC on quality changes of lychee fruits. **Acta Horticulturae**, Amsterdam, n. 665, p. 379-380, 2005.

CHEN, F.; LI, Y.; CHEN, M. Production of ethylene by litchi fruits during storage and its control. **Acta Horticulturae Sinica**, Beijing, v.13, n.1, p.151-156, 1986.

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**, Beijing, v.14, p.169-173, 1987.

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

CHIEN, P.; SHEU, F.; YANG, F. Effects of edible chitosan coating on quality and shelf life of sliced mango fruit. **Journal of Food Engineering**, London, v. 78, p. 225-229, 2007.

CHITARRA, M. I. F. Fisiologia e qualidade de produtos vegetais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 27., 1998, Poços de Caldas. **Anais...** p. 1-80.

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

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutos e hortaliças: glossário**. Lavras: Editora UFLA, 2006. 256p.

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.

DATTA, S.C.; SARKAR, K.P.; LODH, S.B. Storage behaviour of lychee (*Litchi chinensis* Sonn.). **Science and Culture**, Índia, v.29, p.405-406, 1963.

DAY, B.P.E. High oxygen modified atmosphere packaging for fresh **Horticultural Journal**, Mohanpu, v.17, n.2 p.115-124, 1996.

DUAN, X.; JIANG, Y.; SU, X.; LIU, H.; LI, Y.; ZHANG, Z.; ZHENG, Y.; JIANG, W. Role of pure oxygen treatment in browning of litchi fruit after harvest. **Plant Science**, London, v. 167, n. 1, p. 665-668, 2004.

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

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.

FONSECA, S.C.; OLIVEIRA, F.A.R.; BRECHT, J.K. Modelling respiration rate of fresh fruits and vegetables for modified atmosphere packages: a review. **Journal of Food Engineering**, London, v.52, p.99-119, 2002.

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

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

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

HANEKOM, E.; SIVAKUMAR, D.; NAUDE, Y.; ROHWER, E. R.; KORSTEN, L. Influence of postharvest treatments on visual appearance, sensory analysis and aroma volatile compounds of 'Mauritius' litchi fruit during storage. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 57, p. 155-161, 2010.

HOLCROFT, D. M.; MITCHAM, E. J. Review: postharvest physiology and handling of litchi (*Litchi chinensis* Sonn.). **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v.9, n.1, p.265-281, 1996.

HOSOKAWA, J.; NISHIYAMA, M.; YASHIHORA, K.; KUBA, T. Biodegradable film derived from chitosan and homogenized cellulose. **Industrial Chemistry Research**, Warsaw, v. 29, p. 800-805, 1990.

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

HUANG, C. C.; WANG, Y. T. Effects of storage temperature on the colour and quality of litchi fruit. **Acta Horticulture**, Amsterdam, v.269, p.307, 1990.

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

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**, Amsterdam, n.3, p.111–119, 1993.

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

JIANG, Y.; FU, J. Inhibition of polyphenol oxidase and browning control of litchi fruit by glutathione and citric acid. **Food Chemistry**, Oxford, v.62, n.1, p.49-52, 1999.

JIANG, Y. M. Role of anthocyanins, polyphenol oxidase and phenol in lychee pericarp browning. **Journal of Science of Food and Agriculture**, Hoboken, v. 80, p. 305-310, 2000.

JIANG,Y.; LI, Y.; LI, J. Browning control, shelf life extension and quality maintenance of frozen litchi fruit by hydrochloric acid. **Journal of Food Engineering**, London, v. 63, p.147–151, 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**, v.46, p.1541-1556, 2006.

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

JOUBERT, A. J.; LELYVELD, L. J. An investigation of preharvest browning of litchi peel. **Phytophylactica**, South África, v.7, n.1, p.9-14, 1975.

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

CHICHESTER, C. O. **Plant pigments**. New York: Academic Press. 1976. 624p.

KADER, A.A. Modified and controlled atmosphere storage of tropical fruits. In: CHAMP, B.R., HIGHLEY, E., JOHNSON, G.I. (Ed.), **Postharvest handling of tropical fruit**. Chang Mai, Thailand: ACIAR Proc. v. 50, p. 239–249, 1994.

KADER, A. A. **Postharvest technology of horticultural crops**. 3rd ed. Oakland: University of California, Division of Agriculture and Natural Resources, 2002. 535p.

KADER, A. A. **Lychee**: recommendations for maintaining postharvest quality. University of California, Postharvest Technology Research & Information Center, 2004. Disponível em: <<http://rics.ucdavis.edu/postharvest2/Produce/ProduceFacts/Fruit/lychee.shtml>>. Acesso em: 10 jun. 2010.

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

KAYS, S. J. Preharvest factors affecting appearance. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 15, p. 233–247, 1999.

KESTER, J.J.; FENNEMA, O. R. Edible films and coatings: A review. **Food Technology**, Chicago, v. 42, p. 47-59, 1988.

KHAN, A. A.; ROBINSON, D. S. The thermostability of purified mango isoperoxidases. **Food Chemistry**, Oxford. v. 47, n. 4, p. 53-59, 1993.

LABUZA, T. P.; BREENE, W. M. Applications of "active packaging" for improvement of shelf-life and nutritional quality of fresh and extended shelf-life foods. **Journal of Food Processing and Preservation**, Trumbell, v. 13, p. 1-69, 1989.

LANA, M. M.; FINGER, F. L. **Atmosfera modificada e controlada**: aplicação na conservação de produtos hortícolas. Brasília, DF: EMBRAPA, 2000. 34 p.

LEE S. K.; KADER A. A. Preharvest and postharvest factors influencing vitamin C content of horticultural crops. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam. v. 20, p. 207-220, 2000.

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

LEES, D. H.; FRANCIS, F. J. Standardization of pigment analyses in cranberries. **HortScience**, Alexandria, v. 7, n.1, p. 83-84, 1972.

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**, Amsterdam, v. 599, p. 529-534, 2003.

LICHTER, A.; DVIR, O.; ROT, I.; AKERMAN, M.; REGEV, R.; WIESBLUM, A.; FALLIK, E.; ZAUBERMAN, G.; FUCHS, Y. Hot water brushing: an alternative method to SO₂ fumigation for color retention of litchi fruits. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 18, p.235–244, 2000.

LIMA, G.P.P.; BRASIL, O.G.; OLIVEIRA, A.M. Poliaminas e atividade da peroxidase em feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivado sob estresse salino. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v.56, n.1, p.21- 25, 1999.

LIN, Z.; LI, S. S.; CHANG, D. L.; LIN, G. Z.; LI, Y. B.; LIU, S. X.; CHEN, M. D. The changes of pigments, phenolic content and activities of polyphenol oxidase and phenylalanine ammonia-lyase in pericarp of postharvest litchi fruit. **Acta Botanica Sinica**, Beijing, v.30, n.1, p.40-45, 1988.

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

MARTINS, A.B.G. Cultura da lichia. In: DONADIO, L.C.; MENDES, A.B.G.; VALENTE, J.P.(Ed.). **Fruticultura tropical**. Jaboticabal: FUNEP, 1992. p. 113-26.

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

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

MIZOBUTSI, G. P.; FINGER, F. L.; VIEIRA, G.; PUSCHMANN, R.; NEVES, L. L. de M.; MOURA, M. L. Controle do escurecimento pós-colheita do pericarpo de lichia usando HCl, temperatura e atmosfera modificada. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 18, 2004, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: SBF, 2004.

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

MOKADY, S.; COGAN, U.; LIEBERMAN, L. Stability on vitamin C in fruit and fruit blens. **Journal Science Food Agricultural**, London, v.35, p. 452-456, 1984.

MORAES, I.V.M. **Morango processado minimamente e conservado sob refrigeração e atmosfera controlada**. 98f. Dissertação (Mestrado em Pós-colheita). Faculdade de Engenharia Agrícola - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2005.

MOTA, W. F.; SALOMÃO, L. C. C.; CECON, P.R.; FINGER, F.L. Ceras e embalagem plástica na conservação pós-colheita do maracujá-amarelo. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v.60, n.1, p.51 - 57, 2003.

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

NAKASONE, H. K.; PAULL, R. E. **Tropical fruits**. Wallingford: CAB International, 1998. p.132-148.

NIP, W. Handling and presenvation of lychee (*Litchi chinensis* Sonn.) with emphasis on colour retention. **Tropical Science**, United Kingdom, v.28, p.5-11, 1988.

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

OLESEN, T.; NACEY, L.; WILTSHIRE, N.; O'BRIEN, S. Hot water treatments for the control of rots on harvested litchi (*Litchi chinensis* Sonn.) fruit. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 32, p. 135–146, 2004.

PAULL, R. E.; CHEN, N. J.; DEPUTY, J. Litchi growth and compositional changes during fruit development. **Journal American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v.109, n.6, p.817-821, 1984.

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

PAULL, R. E.; REYES, M. E. Q.; REYES, M. U. Sulfite residues on litchi fruit treated with sulfur dioxide. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 14, p.229–233, 1998.

PAULL, R.E.; CHEN, N.J. Heat treatment and fruit ripening. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 21, p. 21–38, 2000.

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.

PENG, Y. H.; CHENG, W. Effect of postharvest handling on fruit quality, mass loss and respiration rate of litchi. **Acta Horticulturae**, Amsterdam, n.558, p.359-365, 2001.

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

PENG, Y. H.; CHENG, W. Effect of postharvest handling on fruit quality, mass loss and respiration rate of litchi. **Acta Horticulturae**, Amsterdam, v. 588, p. 359-365, 2001.

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

PHUNCHAISRI, C.; APICHARTSRANGKON, A. Effects of ultra-high pressure on biochemical and physical modification of lychee (*Litchi chinensis* Sonn.). **Food Chemistry**, Oxford, 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**, Sydney, v. 46, p. 1085-1090, 2006.

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

RIVERA-LOPEZ, J.; ORDORICA-FALOMIR, C.; WESCHE-EBELING, P. Changes in anthocyanin concentration in lychee (*Litchi chinensis* Sonn.) pericarp during maturation. **Food Chemistry**, Oxford, v.65, p.195-200, 1999.

SAAVEDRA DEL AGUILA, J. **Conservação pós-colheita de lichia (*Litchi chinensis* Sonn.)**. 2009. 162f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, SP.

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

SALTVEIT, M. E. Procedures for extracting and analyzing internal gas samples from plant tissues by gas chromatography. **HortScience**, Alexandria, v. 17, n. 6, p. 878-881, 1982.

SANDHU, S.S.; RANDHAWA, J.S. Effect of postharvest application of methyl-2-benzimidazole carbamate and in pack fumigant on the cold storage life of litchi cultivars. **Acta Horticulturae**, Amsterdam, n.269, p.185-189, 1992.

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**, Amsterdam, 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**, Amsterdam v. 41, p.135–142, 2006.

SIVAKUMAR, D.; ARREBOLA, E.; KORSTEN, L. Postharvest decay control and quality retention in litchi (cv. MacLean's Red) by combined application of modified atmosphere packaging and antimicrobial agents. **Crop Protection**, Madison, v. 27, p. 1208-1214, 2008.

SOMBOONKAEW, N.; TERRY, L. A. Physiological and biochemical profiles of imported litchi fruit under modified atmosphere packaging. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 56, p. 246-253, 2010a.

SOMBOONKAEW, N.; TERRY, L. A. Influence of temperature and packing on physiological and chemical profiles of imported litchi fruit. **Food Research International**, Bedfordshire, 2010b. No prelo.

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

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

TIAN, S. P.; XU, Y.; JIANG, A.; GONG, Q. Q. Physiological and quality response of longan fruit to high O₂ or CO₂ atmospheres in storage. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam v. 24, p.335–340, 2002.

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. Lychee (*Litchi chinensis* Sonn.) pericarp browning. **Tropical Science**, London, v.32, n.3, p.305-312, 1992.

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

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

UNDERHILL, S. J. R.; CRITCHLEY, C. Anthocyanin decoloration and its role in lychee pericarp browning. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, Melbourne, v.34, n.1, p.115-122, 1994.

UNDERHILL, S. J. R.; CRITCHLEY, C. Cellular localization of polyphenol oxidase and peroxidase activity in *Litchi chinensis* Sonn. Pericarp. Lychee pericarp browning caused by heat injury. **Australian Journal of Plant Physiology**, Melbourne v.22, p.627-632, 1995.

UNDERHILL, S.J.R.; COATES, L.M.; SAKS, Y.; Litchi. In: MITRA, S.K. (Ed.). **Postharvest physiology and storage of tropical and subtropical fruits**. London: CAB International, p.191-208, 1997.

WATKINS, J.B. **Forced-air cooling**. Brisbane: Queensland Department of Primary Industries, 1990. 230 p. (Information Series Q188027).

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

WILLS, R.; McGLASSON, B.; GRAHAM, D.; JOYCE, D. **Introducción a la fisiología y manipulación poscosecha de frutas, hortalizas y plantas ornamentales**. Tradução J. B. Gonzáles. 2nd ed. Zaragoza: Acribia, 1998. 240 p.

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

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

ZAUBERMAN, G.; RONEN, R.; AKERMAN, M.; FUCHS, Y. Low pH treatment protects litchi fruit colour. **Acta Horticulturae**, Amsterdam, v. 269, p. 309-314, 1990.

ZAUBERMAN, Q.; RONEN, R.; AKERMAN, M.; WESLER, A.; ROT, I.; FUCHS, Y. Postharvest retention of the red colour of litchi fruit pericarp. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v.47, n.1, p.89-97, 1991.

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

ZHANG, Z.; PANG, X.; JI, Z.; JIANG, Y. Role of anthocyanin degradation in litchi pericarp browning. **Food Chemistry**, Oxford, v. 75, p. 217-221, 2001.

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

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