

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CAMPUS DE BOTUCATU

**TRATAMENTO TÉRMICO NA MANUTENÇÃO DA QUALIDADE DE
LICHIAS ARMAZENADAS SOB REFRIGERAÇÃO**

ANGELA VACARO DE SOUZA

Dissertação apresentada à Faculdade de
Ciências Agronômicas da Unesp - Câmpus de
Botucatu, para obtenção do título de Mestre em
Agronomia (Horticultura)

BOTUCATU – SP

Maio – 2009

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CAMPUS DE BOTUCATU

**TRATAMENTO TÉRMICO NA MANUTENÇÃO DA QUALIDADE DE
LICHIAS ARMAZENADAS SOB REFRIGERAÇÃO**

ANGELA VACARO DE SOUZA

Orientador: Prof. Dr. Rogério Lopes Vieites

Dissertação apresentada à Faculdade de
Ciências Agronômicas da Unesp - Câmpus de
Botucatu, para obtenção do título de Mestre em
Agronomia (Horticultura)

BOTUCATU – SP

Maio – 2009

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉCNICA DE AQUISIÇÃO E TRATAMENTO DA INFORMAÇÃO - SERVIÇO TÉCNICO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - UNESP - FCA - LAGEADO - BOTUCATU (SP)

Souza, Angela Vacaro de, 1984-
S729t Tratamento térmico na manutenção de qualidade de lichias armazenadas sob refrigeração / Angela Vacaro de Souza. - Botucatu : [s.n.], 2009.
vii, 54 f. : gráfs., tabs., fots. color.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônomicas, Botucatu, 2009
Orientador: Rogério Lopes Vieites
Inclui bibliografia.

1. Litchi chinensis. 2. Lichia - Conservação. 3. Lichia - Tecnologia pós-colheita. I. Vieites, Rogério Lopes. II. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (Campus de Botucatu). Faculdade de Ciências Agrônomicas. III. Título.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CAMPUS DE BOTUCATU

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: "TRATAMENTO TÉRMICO NA MANUTENÇÃO DA QUALIDADE DE LICHIAS ARMAZENADAS SOB REFRIGERAÇÃO".

ALUNA: ANGELA VACARO DE SOUZA

ORIENTADOR: PROF. DR. ROGÉRIO LOPES VIEITES

Aprovado pela Comissão Examinadora



PROF. DR. ROGÉRIO LOPES VIEITES



PROFª DRª GIUSEPPINA PACE PEREIRA LIMA



DR. JOSÉ MARIA MONTEIRO SIGRIST

Data da Realização: 07 de Maio de 2009.

À minha querida família

IRINEU CARLOS DE SOUZA
MARIA HELENA VACARO DE SOUZA
CRISTIANE VACARO DE SOUZA
JULIANA VACARO DE SOUZA MARTINS e
JOSÉ FÁBIO MARIANO MARTINS

Pelo apoio incondicional, pela força e por todo amor.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

À Faculdade de Ciências Agronômicas – UNESP, Câmpus de Botucatu, por ter propiciado condições para a realização deste trabalho.

Ao CNPq, pela concessão da bolsa.

Ao meu orientador Prof. Dr. Rogério Lopes Vieites pela oportunidade, amizade, paciência e pelos ensinamentos transmitidos durante toda a vida acadêmica.

À Prof^a. Dr^a. Giuseppina Pace Pereira Lima pelos ensinamentos bioquímicos, pela dedicação e pela amizade além de gentilmente ter cedido o laboratório para realização de parte das análises.

Aos meus amigos Douglas Seijum Kohatsu e Valdir Zucareli por toda ajuda prestada e principalmente pelo companheirismo. Às estagiárias Kellen C. Bezerra e Mônica Tiho e em especial à amiga e estagiária Joyce Zalotti Brandt, Leonildo Alves Cardoso, Vanessa R. O. Cavalvante e Daniela Motta Segantini pelo companheirismo.

Ao Ivan pelo amor incondicional e principalmente pela paciência dispensada nas horas difíceis.

Aos amigos que mesmo de longe sempre estiveram presentes.

Aos amigos Camila, Luchele, Luiza, Reginaldo, Nelson e Marcão pelas agradáveis horas de conversa e descontração.

À Profa. Dra. Sarita Leonel, pelos ensinamentos de Fruticultura.

Aos amigos Edson e Márcia pelas análises, pelos ensinamentos, pela amizade e pelas divertidas horas no Laboratório.

Aos produtores de lichia da cidade de Carlópolis pelos ensinamentos sobre a cultura.

LISTA DE TABELAS

TABELA	PÁGINA
<p>1. Equações de regressão e ajuste da reta (r^2) para Perda de massa fresca (%) em Lichias submetidas aos tratamentos térmicos (45°C) e frigorificados (5°C) acondicionados em bandejas de poliestireno expandido e selados com filme de policloreto de vinila 0,020mm (T1 = Controle; T2 = 5 minutos; T3 = 10 minutos; T4 = 15 minutos; T5 = 20 minutos e T6 = 25 minutos).....</p>	28
<p>2. Equações de regressão e ajuste da reta (r^2) para Firmeza da polpa (g/f) em Lichias submetidas aos tratamentos térmicos (45°C) e frigorificados (5°C) acondicionados em bandejas de poliestireno expandido e selados com filme de policloreto de vinila 0,020mm. (T1 = Controle; T2 = 5 minutos; T3 = 10 minutos; T4 = 15 minutos; T5 = 20 minutos e T6 = 25 minutos).....</p>	29
<p>3. Variação média do teor de pH em Lichias submetidas aos tratamentos térmicos (45°C) e frigorificados (5°C) acondicionados em bandejas de poliestireno expandido e selados com filme de policloreto de vinila 0,020mm. (T1 = Controle; T2 = 5 minutos; T3 = 10 minutos; T4 = 15 minutos; T5 = 20 minutos e T6 = 25 minutos)...30</p>	30
<p>4. Variação média do teor de acidez titulável (g. ac.cítrico.100g de polpa⁻¹) em Lichias submetidas aos tratamentos térmicos (45°C) e frigorificados (5°C) acondicionados em bandejas de poliestireno expandido e selados com filme de policloreto de vinila 0,020mm. (T1 = Controle; T2 = 5 minutos; T3 = 10 minutos; T4 = 15 minutos; T5 = 20 minutos e T6 = 25 minutos).....</p>	31
<p>5. Variação média do teor de sólidos solúveis (°Brix) em Lichias submetidas aos tratamentos térmicos (45°C) e frigorificados (5°C) acondicionados em bandejas de poliestireno expandido e selados com filme de policloreto de vinila 0,020mm. (T1 = Controle; T2 = 5 minutos; T3 = 10 minutos; T4 = 15 minutos; T5 = 20 minutos e T6 = 25 minutos).....</p>	32
<p>6. Variação média do ‘Ratio’ (S.S./A.T.) em Lichias submetidas aos tratamentos térmicos (45°C) e frigorificados (5°C) acondicionados em bandejas de poliestireno expandido e selados com filme de policloreto de vinila 0,020mm. (T1 = Controle; T2 = 5 minutos; T3 = 10 minutos; T4 = 15 minutos; T5 = 20 minutos e T6 = 25 minutos).....</p>	33

7. Variação média de Ácido Ascórbico (mL ac. ascórbico.100mL⁻¹ polpa) em Lichias submetidas aos tratamentos térmicos (45°C) e frigorificados (5°C) acondicionados em bandejas de poliestireno expandido e selados com filme de policloreto de vinila 0,020mm. (T1 = Controle; T2 = 5 minutos; T3 = 10 minutos; T4 = 15 minutos; T5 = 20 minutos e T6 = 25 minutos).....34
8. Variação média dos Açúcares redutores (%) em Lichias submetidas aos tratamentos térmicos (45°C) e frigorificados (5°C) acondicionados em bandejas de poliestireno expandido e selados com filme de policloreto de vinila 0,020mm. (T1 = Controle; T2 = 5 minutos; T3 = 10 minutos; T4 = 15 minutos; T5 = 20 minutos e T6 = 25 minutos).....35
9. Variação média de Coloração (Luminosidade – L) em Lichias submetidas aos tratamentos térmicos (45°C) e frigorificados (5°C) acondicionados em bandejas de poliestireno expandido e selados com filme de policloreto de vinila 0,020mm. (T1 = Controle; T2 = 5 minutos; T3 = 10 minutos; T4 = 15 minutos; T5 = 20 minutos e T6 = 25 minutos).....37
10. Variação média de Coloração (Cromaticidade - a) em Lichias submetidas aos tratamentos térmicos (45°C) e frigorificados (5°C) acondicionados em bandejas de poliestireno expandido e selados com filme de policloreto de vinila 0,020mm. (T1 = Controle; T2 = 5 minutos; T3 = 10 minutos; T4 = 15 minutos; T5 = 20 minutos e T6 = 25 minutos).....38
11. Variação média de Coloração (Cromaticidade - b) em Lichias submetidas aos tratamentos térmicos (45°C) e frigorificados (5°C) acondicionados em bandejas de poliestireno expandido e selados com filme de policloreto de vinila 0,020mm. (T1 = Controle; T2 = 5 minutos; T3 = 10 minutos; T4 = 15 minutos; T5 = 20 minutos e T6 = 25 minutos).....38
12. Variação média de Atividade específica da polifenol oxidase ($\mu\text{mol catecol oxidado mg de proteína}^{-1} \text{ min}^{-1}$) em Lichias submetidas aos tratamentos térmicos (45°C) e frigorificados (5°C) acondicionados em bandejas de poliestireno expandido e selados com filme de policloreto de vinila 0,020mm. (T1 = Controle; T2 = 5 minutos; T3 = 10 minutos; T4 = 15 minutos; T5 = 20 minutos e T6 = 25 minutos).....39

13. Variação média de Atividade específica da peroxidase ($\mu\text{mol H}_2\text{O}_2$ decomposto g^{-1} de mg proteína min^{-1}) em Lichias submetidas aos tratamentos térmicos (45°C) e frigorificados (5°C) acondicionados em bandejas de poliestireno expandido e selados com filme de policloreto de vinila $0,020\text{mm}$. (T1 = Controle; T2 = 5 minutos; T3 = 10 minutos; T4 = 15 minutos; T5 = 20 minutos e T6 = 25 minutos).....40

LISTA DE FIGURAS

FIGURA	PÀGINA
1. Frutos de lichia no estágio de maturação fisiológica.....	19
2. Tratamento térmico aplicado aos frutos.....	20
3. Acondicionamento dos frutos.....	20
4. Tratamento controle aos 15 dias de armazenamento.....	26
5. Tratamento 2 (5 minutos de imersão em água a 45°C) aos 15 dias de armazenamento.....	26
6. Tratamento 3 (10 minutos de imersão em água a 45°C) aos 15 dias de armazenamento.....	26
7. Tratamento 4 (15 minutos de imersão em água a 45°C) aos 15 dias de armazenamento.....	26
8. Tratamento 5 (20 minutos de imersão em água a 45°C) aos 15 dias de armazenamento.....	26
9. Tratamento 6 (25 minutos de imersão em água a 45°C) aos 15 dias de armazenamento.....	26
10. Vida útil (dias) em Lichias submetidas aos tratamentos térmicos (45°C) e refrigerados (5°C) acondicionados em bandejas de poliestireno expandido e selados com filme de policloreto de vinila 0,020mm. (T1 = Controle; T2 = 5 minutos; T3 = 10 minutos; T4 = 15 minutos; T5 = 20 minutos e T6 = 25 minutos).....	27
11. Perda de massa fresca (%) em Lichias submetidas aos tratamentos térmicos (45°C) e refrigerados (5°C) acondicionados em bandejas de poliestireno expandido e selados com filme de policloreto de vinila 0,020mm. (T1 = Controle; T2 = 5 minutos ; T3 = 10 minutos; T4 = 15 minutos; T5 = 20 minutos e T6 = 25 minutos).....	28

1

- 12.** Firmeza da polpa (g/f) em Lichias submetidas aos tratamentos térmicos (45°C) e frigorificados (5°C) acondicionados em bandejas de poliestireno expandido e selados com filme de policloreto de vinila 0,020mm (T1 = Controle; T2 = 5 minutos; T3 = 10 minutos; T4 = 15 minutos; T5 = 20 minutos e T6 = 25 minutos).....29
- 13.** Taxa Respiratória (mL CO₂ Kg⁻¹ h⁻¹) em Lichias submetidas aos tratamentos térmicos (45°C) e frigorificados (5°C) acondicionados em bandejas de poliestireno expandido e selados com filme de policloreto de vinila 0,020mm. (T1 = Controle; T2 = 5 minutos; T3 = 10 minutos; T4 = 15 minutos; T5 = 20 minutos e T6 = 25 minutos).....36

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE TABELAS.....	III
LISTA DE FIGURAS.....	VI
1. RESUMO	1
2. SUMMARY	3
3. INTRODUÇÃO.....	5
4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	8
4.1 Características da cultivar.....	8
4.2 Atributos de qualidade	10
4.3 Escurecimento enzimático.....	11
4.4 Escurecimento não-enzimático.....	14
4.5 Armazenamento refrigerado.....	14
4.6 Atmosfera modificada.....	16
4.7 Tratamento térmico.....	17
5. MATERIAL E MÉTODOS	19
5.1 Aquisição dos frutos.....	19
5.2 Experimento	20
5.3. Análises físicas, físico-químicas e químicas.....	21
5.3.1 Análise visual.....	21
5.3.2 Perda de massa fresca.....	21
5.3.3 Firmeza da polpa.....	21
5.3.4 Potencial hidrogeniônico (pH)	22
5.3.5 Acidez titulável (AT).....	22
5.3.6 Sólidos solúveis (SS).....	22
5.3.7 Relação SS/AT (“Ratio”)	22
5.3.8 Ácido ascórbico.....	22
5.3.9 Açúcares redutores.....	23
5.3.10 Taxa respiratória.....	23

5.3.11 Coloração.....	23
5.3.12 Atividade específica da Polifenol oxidase e da Peroxidase.....	24
5.4. Delineamento experimental e Análise estatística.....	24
6. RESULTADOS E DISCUSSÃO	25
6.1 Análise visual.....	25
6.2 Perda de massa fresca.....	27
6.3 Firmeza da polpa.....	29
6.4. Potencial hidrogeniônico (pH)	29
6.5 Acidez titulável (AT).....	30
6.6 Sólidos solúveis (SS)	31
6.7 Relação SS/AT (“Ratio”).....	33
6.8 Ácido ascórbico.....	33
6.9 Açúcares redutores.	34
6.10 Taxa respiratória.....	35
6.11Coloração.....	36
6.12 Atividade específica da polifenol oxidase e da peroxidase.....	39
7. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	41
8. CONCLUSÕES.....	43
9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	44
ANEXOS.....	53

1. RESUMO

Este trabalho teve como objetivo prolongar a vida útil de lichias cv. ‘Bengal’ sob refrigeração provenientes de Carlópolis - PR, com o emprego do tratamento térmico em frutos refrigerados. Os frutos foram submetidos aos tratamentos: Imersão dos frutos em água a 45°C por: T – 1: controle; T – 2: 5 minutos; T – 3: 10 minutos; T – 4: 15 minutos; T – 5: 20 minutos e T – 6: 25 minutos.

Depois de higienizados com 150ppm de cloro e secos, os frutos foram acondicionados em bandejas de poliestireno expandido e embalados com filme de policloreto de vinila 0,020mm, com 10 frutos cada uma (cerca de 200 gramas) e armazenados em B.O.D. a 5°C e 90±5% de UR por 15 dias.

Os frutos foram analisados quanto à avaliação visual, perda de massa fresca, firmeza, potencial hidrogeniônico (pH), acidez titulável (AT), sólidos solúveis (SS), relação SS/AT (“Ratio”), ácido ascórbico, açúcares redutores, respiração, coloração, atividade específica da polifenol oxidase - PPO (EC. 1.14.18.1) e da peroxidase – POD (EC. 1.11.1.7) logo após a colheita e na retirada da B.O.D. aos 3, 6, 9, 12 e 15 dias.

O delineamento estatístico empregado foi inteiramente casualizado com três repetições por tratamento para cada um dos seis tempos de avaliação, utilizando-se o Teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Nas condições experimentais, pode-se concluir que o tratamento térmico aos 5 ou a 10 minutos/45°C mostraram-se mais eficazes na manutenção da coloração

dos frutos que é o fator mais importante na qualidade dos frutos de lichia e não causou modificações na qualidade da sua polpa.

Palavras-chave: *Litchi chinensis* Soon., água quente, escurecimento enzimático.

THERMAL TREATMENTS IN MAINTAINING THE QUALITY OF REFRIGERATED LYCHEES

2. ABSTRACT

This research was realized aiming to prolong the shelf life of the ‘Bengal’ lychees under refrigeration, from the Carlópolis city, PR State, Brazil, with the use of thermal treatments in refrigerated fruits. The fruits were subjected to the treatments: immersion in water to 45°C by: T - 1: control; T – 2: 5 minutes; T – 3: 10 minutes; T – 4: 15 minutes; T – 5: 20 minutes and T – 6: 25 minutes.

After cleaned with 150 ppm of chlorine and dried, the fruits were packed in polystyrene trays and wrapped with polyvinyl chloride film 0,020 mm, with 10 fruits in each one (about 200 grams) and stored in B.O.D. to 5°C and 90±5% of RH by 15 days.

The fruits were analyzed concerning the visual evaluation, loss of weight mass, firmness, hydrogenionic potential (pH), titulable acidity (TA), soluble solids (SS), SS/TA relation (“Ratio”), ascorbic acid, reducing sugar, respiration, color, specific activity of the polyphenol oxidase – PPO (EC. 1.14.18.1) and peroxidase – POD (EC. 1.11.1.7) soon after the harvest and in the removal of the B.O.D. (in 3, 6, 9, 12 and 15 days).

The statistical delineation used was completely randomized, with three replications by treatment for each one in the six times of evaluation, using the Tukey test to 5% of probability.

In experimental conditions, can be conclude that the thermal treatments with 5 or 10 minutes/45°C showed more effective in maintaining the coloration of fruits, which is the most important factor in quality of the lychee fruits and did not cause changes in the quality of the pulp.

3. INTRODUÇÃO

O fruto de lichia é ainda pouco conhecido pelo consumidor brasileiro. Entretanto, o mesmo tem boa aceitação em todo o mundo e há interesses inclusive de países produtores, devido à oferta de frutos fora da época ou na entressafra. A lichia tem uma grande aceitação nos países da Europa e nos Estados Unidos.

A quantidade comercializada na safra 2007-2008 na Central de abastecimento de São Paulo (CEAGESP) foi de 1.306.384 quilos, com um preço médio de vendas de R\$ 9,60, sendo que o pico de produção ocorreu em dezembro, com uma produção de 712.756 quilos e preço médio de R\$ 7,84 por quilo. O pico de preço ocorreu no mês de novembro, com média de R\$ 13,89 o quilo e venda de 43.260 quilos.

Para a exportação de lichia para os países importadores há a necessidade de um período mínimo de uma a duas semanas, entretanto, a curta vida útil das lichias sob condições de ambiente (de dois a sete dias a 25 ° C) tem sido um empecilho significativo para este comércio (UNDERHILL *et al.*, 1997). Visando aumentar a vida útil, vários trabalhos foram realizados a partir do final da década de 40.

Segundo UNDERHILL *et al.* (1997), de uma perspectiva histórica, as estratégias para o aumento da vida útil da lichia devem ser feitas com: a redução da desidratação tanto por controle ambiental (temperatura, umidade e mudanças na atmosfera) quanto através do uso de produtos químicos ou manipulação genética; a supressão física ou química do escurecimento; o controle de organismos patogênicos.

O conhecimento da fisiologia pós-colheita do fruto é de grande importância para que se tenham subsídios técnicos que visem à ampliação do tempo de armazenamento sem, contudo, alterar suas características físicas, organolépticas e nutricionais (ABREU *et al.*, 1998).

Nos países tropicais as técnicas de manuseio e acondicionamento são precariamente desenvolvidas, sendo o produto perecível manuseado da mesma forma que o não perecível. Tal inadequação pode resultar em perdas desde o momento da colheita. O ponto de colheita inadequado pode resultar em produtos imaturos ou excessivamente maduros, que serão desprezados na seleção, assim como os instrumentos e as caixas de colheita que podem causar injúrias mecânicas aos frutos antes mesmo da sua chegada ao "packing house". Produtos deixados ao sol logo após a colheita ficam sujeitos a estresse fisiológico por alta temperatura. Os métodos de transporte muitas vezes produzem injúrias mecânicas por compressão e/ou abrasão, injúrias fisiológicas por formação de pontos quentes no centro da carga e outros (SILVA *et al.*, 2004).

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 às 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 físico-químicas, tais como aroma, sabor, textura, cor e outros atributos de qualidade dos frutos (BRON *et al.*, 2002).

Dados disponíveis para o Brasil, indicam que parte da produção nacional de frutos e legumes é perdida, principalmente após a colheita, por falta de tratamento e manuseio adequados, vulnerabilidade ao ataque de microrganismos e falta de estocagem frigorificada (DI RIENZO apud CALORE e VIEITES, 2003). Segundo Silva (2004), produtores e manipuladores precisam compreender os fatores biológicos e ambientais envolvidos na deterioração e saber empregar técnicas pós-colheita adequadas para retardar a senescência e manter a melhor qualidade possível. Para isso, existem técnicas para aumentar a vida-útil dos frutos.

O escurecimento enzimático pode ser controlado usando métodos físicos e químicos e em muitos casos, suas associações.

Inúmeros trabalhos vêm sendo desenvolvidos ao longo dos anos na tentativa de aumentar a vida útil dos frutos de lichia atuando na retenção da coloração vermelha do pericarpo dos frutos. O uso de água quente na conservação de alimentos apresenta uma série de vantagens que incluem relativa facilidade de utilização, tratamento em um curto espaço de tempo e devido ao fato do tratamento térmico é um método que tem a vantagem de ser livre de resíduos.. Esta tecnologia surgiu da necessidade da substituição do uso do SO₂ que é utilizado por algumas horas depois do fruto colhido causando a retenção da coloração vermelha (LICHTER *et al.*, 2000).

O manejo inadequado dessa temperatura, no tratamento hidrotérmico, pode causar injúria hipertérmica como colapso da polpa, frutos sem sabor, escurecimento da casca e em severos casos, produção de etanol e acetaldeído.

Este trabalho teve como objetivo verificar os efeitos dos tratamentos térmicos na conservação da lichia, submetida à refrigeração.

4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

4.1 Características da cultivar

A lichia (*Litchi chinensis* Sonn.) é um fruto de alto valor comercial no mercado internacional. No entanto, perdem rapidamente sua atrativa coloração vermelha após a colheita devido ao rápido escurecimento do pericarpo. O escurecimento reduz seu valor comercial e tem sido considerado o principal problema pós-colheita (HOLCROFT & MITCHAM, 1996). Este escurecimento é causado pela rápida degradação dos pigmentos vermelhos pela enzima polifenol oxidase, formando subprodutos de coloração marrom.

A lichia é nativa da região compreendida entre o sul da China e o norte do Vietnã, onde é cultivada a 3000 anos, mais recentemente está sendo cultivada em alguns países de clima subtropicais. O fruto é muito conhecido e apreciado na Ásia, onde se concentra cerca de 95% da área mundial da cultura, com produção de 2 milhões de toneladas, comprovando sua importância para milhões de agricultores (MENZEL, 2002).

A lichia é uma drupa (NACIF, 1997) que completa seu desenvolvimento entre 11 e 16 semanas (MENZEL & SIMPSON, 1994). O padrão de desenvolvimento dos frutos, relatado para várias cultivares de lichia, é sigmoidal simples, com duas fases bem distintas, sendo a primeira caracterizada pelo crescimento da casca e da semente, e a segunda, por um rápido crescimento do arilo (PEREIRA & MITRA, 2005). O pericarpo é verde, rosa ou vermelho brilhante, dependendo do estágio de maturação e da

cultivar. A porção comestível destes frutos é a polpa (arilo), que tem coloração branco creme translúcida, muito suculenta e aromática, sendo caracterizada pelo sabor agridoce. O arilo é uma extensão do funículo ou da haste da semente que cresce da placenta e envolve as sementes (HOLCROFT & MITCHAM, 1996). As sementes são únicas, com uma testa lisa e marrom (TAYLOR, 1993).

O genero litchi contem três subespécies: *Litchi chinensis* ssp. *chinensis*; *L. chinensis* ssp. *philippinensis*; and *L. chinensis* ssp. *javensis*.

Lichias são adaptadas à região subtropical quentes, desenvolvendo-se melhor em verões quentes e úmidos e invernos secos e frios. A iniciação floral ocorre melhor em temperaturas abaixo de 20°C, enquanto que a ótima temperatura para a vegetação e desenvolvimento do fruto é de cerca de 30°C (MENZEL & SIMPSON, 1994).

De acordo com Nakasone & Paull (1998) a maturação dos frutos ocorre entre o 80º a 112º dia depois da antese, dependendo da cultivar e do ambiente. Os mesmos resultados foram encontrados por Paull *et al.* (1984), que observaram um período variando de 85 a 90 dias para a cultivar Groff. No México, Rivera-Lopes *et al.* (1999) relataram que a cultivar Brewster, na 15ª semana após a antese, apresentava frutos com coloração vermelho escura, e que na 20ª semana estes estavam senescentes.

A cultivar ‘Bengal’ é a mais conhecida no Brasil e uma das mais cultivadas nas regiões subtropicais. Ela apresenta características como maturação precoce e moderado vigor. Os frutos são cordiformes (em forma de coração), com peso médio de 21 g, coloração vermelho-brilhante, polpa firme e de boa qualidade e 65% do fruto, semente grande e com cerca de 20-35% de abortos.

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

A lichia é considerada um fruto não climatérico e que não continua a amadurecer após a colheita, não apresentando ainda resposta ao etileno (HOLCROFT & MITCHAM, 1996; UNDERHILL *et al.*, 1997; NAKAZONE & PAULL, 1998).

4.2 Atributos de qualidade

Segundo Abbott (1999), a qualidade de um fruto está relacionada com suas propriedades sensoriais (aparência, textura, aroma e sabor), valor nutricional, constituintes químicos, propriedades mecânicas, propriedades funcionais e defeitos.

Os atributos de qualidade dos frutos estão na dependência de suas características físicas, físico-químicas e químicas que são peculiares a cada espécie e cultivar, estando também em função do clima, solo e tratos culturais. Dentro de cada cultivar, os frutos modificam estas características durante o processo de amadurecimento (ALVARENGA & FORTES, 1985; CHITARRA, 1998).

Frutos de lichia em seu estágio de maturação são constituídos por 77-83% de água; 0,8-0,9% de proteínas e <1% de gordura. O fruto não é uma fonte significativa de tiamina, riboflavina, cálcio, fósforo ou ferro, mas contém ácido ascórbico (0,4-1,0 mg g⁻¹) no momento da colheita. Uma vez que tenham sido colhidos os frutos, ocorre diminuição dos níveis do ácido ascórbico, independentemente das condições de armazenagem (TAYLOR, 1993).

Durante o amadurecimento, os sólidos solúveis e os açúcares totais aumentam drasticamente. Os principais açúcares em frutos maduros de lichia são a sacarose, a frutose e a glicose (PAULL *et al.*, 1984). As diferenças entre a proporção destes açúcares são resultado de diferenças da atividade de invertases, maturação e cultivar.

Tem se observado também, aumento nos teores de pectina, total e solúvel em água, durante o amadurecimento, com declínio dos ácidos pécticos solúveis (SINGH & ABIDI, 1986).

A acidez titulável nos frutos de lichia diminui durante o desenvolvimento e o pH aumenta. Quando amadurecidos, o ácido málico responde por 80% da acidez titulável, enquanto que o cítrico e o succínico correspondem aos 20% restantes (PAULL *et al.*, 1984).

Os compostos voláteis predominantes nos frutos são os b-fenetil álcoois e seus derivados e os terpenóides (JOHNSTON *et al.*, 1980).

A clorofila do pericarpo diminui com o início do crescimento do fruto e este declínio geralmente coincide com a síntese de flavonóides, particularmente antocianina solúvel em água, que aumenta durante o amadurecimento e é responsável pela pigmentação vermelha do pericarpo. As concentrações de antocianina aumentam de 1,68 mg g⁻¹ para 2,06 mg g⁻¹, após 15 dias de armazenamento (PAULL *et al.*, 1984). A antocianina está localizada nos vacúolos do interior do mesocarpo e, em menor extensão, na epiderme (UNDERHILL & CRITCHLEY, 1993).

Em lichia, também se identificou os pigmentos cianidina-3-rutinosida, a cianidina-3-glicosida, a cianidina-3-galactosida, a malvidina-3-acetilglicosida, a perlargonidina-3-glicosida e a perlagonidina-3,5-diglicosida (LEE & WICKER, 1991; PRASAD & JHA, 1979). Após aumento inicial no teor de antocianina, há uma gradual degradação associada à senescência do fruto (LIN *et al.*, 1988; LEE & WICKER, 1991).

4.3 Escurecimento enzimático

As enzimas são os catalisadores das reações que ocorrem nos sistemas biológicos. Elas têm eficiência catalítica extraordinária, em geral muito maior que aquela dos catalisadores sintéticos; têm um alto grau de especificidade por seus substratos e aceleram reações químicas específicas (LEHNINGER *et al.*, 1995).

O escurecimento enzimático do pericarpo da lichia é o primeiro sinal visível do declínio da qualidade da fruta. O escurecimento acontece nos primeiros dias após a colheita, causado provavelmente pela desidratação do pericarpo. Abaixo de 50% de perda de massa fresca inicial, o pericarpo está completamente escurecido (CHEN & HONG, 1992; JIANG & FU, 1999). As antocianinas do fruto de lichia também estão propensas ao escurecimento enzimático e não-enzimático, conduzindo frequentemente à obtenção de compostos escuros denominados melaninas (KAISER, 1994).

O escurecimento do pericarpo do fruto de lichia é causado pela oxidação dos substratos fenólicos catalisado pela polifenol oxidase (PPO) (UNDERHILL & CRITCHLEY, 1993).

O nome mais usual e genérico, polifenoloxidase (PPO) significa “catalisadora da oxidação de diversos fenóis”.

As reações catalisadas por enzimas são caracterizadas pela formação de um complexo entre o substrato e a enzima. Na reação de escurecimento enzimático, os fenóis e o oxigênio fazem o papel de substrato e as polifenoloxidasas são as enzimas envolvidas. As células de plantas intactas não escurecem por via enzimática porque os fenóis contidos nos vacúolos estão separados das polifenoloxidasas que estão presentes no citoplasma (MARSHALL *et al.*, 2000).

As enzimas PPO, amplamente distribuídas em plantas, são consideradas as maiores contribuintes para a descoloração e escurecimento de vegetais (BILLAUD *et al.*, 2004). A atividade das PPO é a principal preocupação dos processadores de vegetais, pois sua ação catalítica leva estes alimentos a escurecer e gerar alguns sabores desagradáveis, características que permanecem no produto final processado (BILLAUD *et al.*, 2004). A taxa de escurecimento enzimático em um vegetal é determinada pela concentração de PPO ativa e fenóis nos tecidos, pelo pH, temperatura e disponibilidade de oxigênio nas imediações do tecido (MARSHALL *et al.*, 2000). A atividade das PPO está estritamente ligada às mudanças de cor devido à formação de polímeros coloridos. Dessa forma, medidas de cor podem ser consideradas um índice indireto da atividade das PPO e amostras que não apresentam acastanhamento ou outras cores anômalas são consideradas livres de PPO ativa (SEVERINI *et al.*, 2003).

As PPO catalisam duas reações básicas. A primeira a ocorrer é a hidroxilação na posição orto adjacente a um grupo hidroxila do substrato fenólico – atividade da monofenoloxidase. Numa segunda etapa, se dá a oxidação do difenol a ortobenzoquinona - atividade da difenoloxidase. Ambas as reações utilizam o oxigênio molecular como co-substrato (MARSHALL *et al.*, 2000). O cobre contido no sítio ativo da PPO desempenha um papel importante. É o cobre que se oxida na etapa de hidroxilação e se reduz na etapa de oxidação.

Polifenoloxidasas (EC. 1.14.18.1), PPO, também conhecidas como tirosinases, cresolases, catecolases, difenolases e fenolases são enzimas intracelulares que ocorrem em plantas, animais e fungos (WHITAKER, 1994). Estas enzimas contém cobre no centro ativo e catalisam dois tipos de reações, ambas envolvendo oxigênio.

As reações de escurecimento são alguns dos fenômenos mais importantes que ocorrem durante o processamento e armazenagem de alimentos. Elas podem

envolver diferentes compostos e proceder por diferentes vias químicas. Os principais grupos de reações que conduzem ao escurecimento são a oxidação enzimática dos fenóis e o escurecimento não enzimático. O último é favorecido pelos tratamentos de calor e inclui uma ampla variedade de reações, tais como reação de Maillard, caramelização e oxidação química dos fenóis (MANZOCCO *et al.*, 2000). O branqueamento tem sido um dos mais populares métodos de prevenção do escurecimento enzimático aplicado em frutas destinados ao congelamento e desidratação (CAMARGO, 1986).

O escurecimento tem sido atribuído à degradação da antocianina, atividade da polifenol oxidase e peroxidase e oxidação de ácido ascórbico (UNDERHILL, 1992). As provas para o papel da polifenol oxidase no escurecimento do pericarpo de lichias são indiretas. A polifenol oxidase é ativada pela perda de umidade do fruto. Tratamentos para reduzir a dessecação também reduzem o escurecimento (TAYLOR, 1993). A atividade da polifenol oxidase é reduzida com o amadurecimento do fruto (UNDERHILL e CRITCHLEY, 1993), embora Lin *et al.* (1988) registraram um aumento da atividade da polifenol oxidase durante os dois primeiros dias de armazenamento, houve pouca mudança na concentração de antocianina ao longo do mesmo período. O calor induz a atividade da polifenol oxidase, o que causa rápido aumento no escurecimento do pericarpo ao longo do tempo e uma correspondente diminuição na concentração de antocianina.

O papel da peroxidase parece mais importante do que inicialmente pensava (UNDERHILL e CRITCHLEY, 1995). Peroxidase no pericarpo aumentou rapidamente após a colheita (LIN *et al.*, 1988). Huang *et al.* (1990) constataram que a atividade da peroxidase aumentou durante os primeiros 15 dias de armazenamento, enquanto a atividade da polifenol oxidase foi baixa na colheita e manteve-se baixa para os primeiros 29 dias de armazenamento.

4.4 Escurecimento não enzimático

A cor é o fator inicial levado em consideração pelo consumidor ao escolher um alimento e por isso é uma de suas mais importantes características. O escurecimento enzimático é um dos fatores que influencia a coloração de lichias. Porém, além do escurecimento enzimático, há outra fonte de alteração de cor: o escurecimento não-

enzimático. Um dos tipos de escurecimento não-enzimático é desencadeado pela reação de Maillard, oriundo da reação entre açúcares redutores e aminoácidos, e tem como produto final pigmentos amarelos a castanhos denominados melanoidinas, que são polímeros do hidroximetilfurfural e de compostos carbonílicos (BALTES, 1982).

A intensidade das reações de escurecimento não-enzimático em alimentos depende da quantidade e dos tipos de carboidratos presentes e, em menor extensão de proteínas e aminoácidos. O escurecimento não-enzimático é o resultado da descoloração provocada pela reação entre a carbonila e os grupos das aminas livres, com formação do pigmento denominado meloidina. Muito embora a reação de escurecimento não-oxidativa ocorra principalmente entre açúcares redutores e aminoácidos ou proteínas, a degradação do açúcar, bem como a degradação oxidativa do ácido ascórbico e a adicional condensação com compostos carbonílicos formados ou com grupos aminas presentes, produz pigmentos escuros (ARAÚJO, 2004).

A elevação da temperatura resulta no aumento rápido da velocidade de escurecimento além de afetar a composição do pigmento formado, aumentando o teor de carbono, bem como a intensidade do pigmento (ARAÚJO, 2004).

4.5 Armazenamento refrigerado

A conservação de alimentos, tais como os frutos, através do uso de métodos físicos é conhecida desde longa data e mesmo há tempos pré-históricos. Assim, o frio é um dos primeiros a ser utilizado para prolongar a vida de prateleira de praticamente qualquer tipo de alimento (GERMANO *et al.*, 1996).

Temperaturas baixas de armazenamento retardam o metabolismo do vegetal através da diminuição de sua taxa respiratória e da redução de sua atividade enzimática (CHITARRA & CHITARRA, 2005). A respiração é o processo central da vida das células, o qual mede a liberação de energia através da quebra dos compostos de carbono e a formação dos esqueletos necessários para as reações sintéticas e manutenção do produto após a colheita, o amido, outros polissacarídeos e os açúcares solúveis são os substratos principais da respiração vegetal. Em alguns casos são utilizados compostos de baixo peso molecular, como os ácidos orgânicos; gorduras e proteínas são substratos menos

freqüentes. Este processo dá uma indicação geral do metabolismo do produto, indicando sua intensidade (KAYS, 1991).

Com a redução da respiração há conseqüentemente, diminuição nas perdas de aroma, sabor, textura, cor e demais atributos de qualidade dos produtos (CHITARRA & CHITARRA, 2005).

O fruto da lichia é propenso à transpiração, sendo que esta inicialmente causa dano na 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 fermentos na superfície do fruto (pericarpo) o qual acelera a perda de água e o seu escurecimento. Eventualmente, o arilo também perde água e o fruto fica flácido e insípido (UNDERHILL & CRITCHLEY, 1993).

O uso da refrigeração é fundamental no armazenamento da lichia (RAYS, 1998). As lichias são comumente armazenadas a 5°C (SCOTT *et al.*, 1982; JACOBI & WONG, 1993), todavia vários trabalhos relataram a manutenção dos frutos em temperaturas tão baixas quanto 0°C por três semanas (SANDHU & RANDHAWA, 1992). A vida de prateleira de frutos de lichia armazenados, sem o uso de embalagens plásticas, a 25°C é de somente de 2 a 4 dias (DATTA *et al.*, 1963), com embalagem na mesma temperatura é de até 7 dias (NIP *et al.*, 1988), entretanto, ao se abaixar a temperatura para 5°C esta é aumentada para 4 semanas (DATTA *et al.*, 1963; SCOTT *et al.*, 1982).

Segundo Huang & Wang (1990), a temperatura ótima para o armazenamento dos frutos de lichia é de aproximadamente 5°C, embora, segundo Olesen e Wiltshire (2000), frutos armazenados a 10°C, apresentaram boa conservação e menor risco de condensação. Olesen *et al.* (2003), verificaram que a temperatura ótima para o armazenamento das lichias, visando a retenção da cor vermelha do pericarpo, se encontrava entre 5 e 10°C, mas para o controle do desenvolvimento de podridões, esta temperatura se encontrava entre 2 e 5°C.

Já Kader (2004), menciona que a faixa ótima de temperatura de armazenamento dos frutos de lichia, varia entre 1,5 a 5,5°C, dependendo do cultivar e do tempo de armazenamento, a umidade relativa do ar de armazenamento deve variar de 90 a 95%.

Apesar de o armazenamento refrigerado ser o meio mais simples e efetivo para se aumentar da vida útil e controlar o escurecimento do pericarpo, ainda não se definiu qual é a temperatura ótima de estocagem (UNDERHILL *et al.*, 1997).

4.6 Atmosfera Modificada

Os métodos para prolongar a vida pós-colheita de frutas incluem atmosfera modificada, que pode ser obtida pelo acondicionamento das frutas em filmes plásticos ou pelo recobrimento com ceras especiais (CHITARRA & CHITARRA, 2005). 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 (21% de O₂; 0,03% de CO₂ e 78% de N₂) (SIGRIST *et al.*, 2002).

Segundo Yamashita *et al.* (2001), a embalagem de frutos em filmes plásticos diminui as taxas de respiração, transpiração, crescimento microbiano e outras reações metabólicas que ocorrem no produto, através da criação de uma micro-atmosfera ótima. Os filmes plásticos de uso mais generalizado em pós-colheita são o cloreto de polivinil (PVC), polietileno de baixa densidade (PEBD) e polietileno de alta densidade (PEAD). Esses filmes apresentam diferentes graus de permeabilidade ao vapor de água e aos gases CO₂, O₂ e etileno. O filme de PVC apresenta maior permeabilidade ao vapor de água, seguida do PEBD e PEAD (FINGER & VIEIRA, 1997). O filme plástico à base de cloreto de polivinila (PVC), devido à praticidade, custo relativamente baixo e alta eficiência, tem sido bastante utilizado, principalmente, quando associado ao armazenamento refrigerado para perdas de frutas (SOUSA *et al.*, 2002).

Embalagens efetivas utilizam outros materiais, como filmes plásticos e sacos de cloreto de polivinila – PVC - (SING, 1986; CAMPBELL, 1959). Segundo Wara-Aswapati *et al.* (1990) e Wong *et al.* (1991), nos frutos acondicionados em embalagens plásticas e cobertos com membranas semipermeáveis, a desidratação pode ser reduzida com pouca condensação. Esta prática, em conjunção ao armazenamento refrigerado, se constitui em uma das mais efetivas para o controle do escurecimento do pericarpo em lichia.

4.5 Tratamento térmico

Os métodos utilizados no controle da atividade enzimática indesejável consistem em eliminar um ou mais componentes essenciais da reação: enzima, oxigênio, cobre ou substrato. Há diversas estratégias físicas e químicas de preservação que podem ser aplicadas para reduzir o escurecimento enzimático. Contudo, os processos utilizados em um determinado país não são necessariamente considerados seguros em outro, ficando a critério do órgão responsável de cada país estabelecer as normas relativas a este assunto (MARSHALL *et al.*, 2000).

Com a elevação contínua da temperatura, poderá ocorrer inativação gradativa da enzima até inativação total causada pela desnaturação da proteína pelo calor (BOBBIO e BOBBIO, 2003). Um dos propósitos do tratamento térmico é a inativação da polifenol oxidase (PPO). Polifenol oxidase é um termo genérico para um grupo de enzimas que catalisam a oxidação dos compostos fenólicos e produzem pigmentos escuros na superfície de frutas cortadas e vegetais (COLLINS & MCCARTY, 1969, 1963; WHITAKER & CHANG, 1994).

O escurecimento leva também ao desenvolvimento de sabores desagradáveis e perdas na qualidade nutricional. Estudos em diferentes cultivares de maçãs têm mostrado que a suscetibilidade ao escurecimento pode depender da atividade da PPO ou da degradação dos compostos fenólicos ou ambos (GOUPY *et al.*, 1995). Tratamentos de branqueamento (para obter inativação pelo calor ou inibição) podem ser realizados pela exposição de frutas e vegetais à água quente (método mais comum), soluções quentes ou frias contendo ácidos ou sais, vapor (KIDMOSE & MARTENS, 1999) ou microondas (SEVERINI *et al.*, 2001) por alguns segundos ou minutos.

Swarts & Anderson (1980) verificaram que curtos períodos de imersão em água quente podem atrasar significativamente a taxa de desenvolvimento de podridão em lichias. Os tratamentos com água quente não só retardam o desenvolvimento do patógeno, mas também afetam a susceptibilidade dos frutos à infecção (SHIRRA *et al.*, 2000).

O calor pode ser aplicado às frutas e hortaliças de várias maneiras: por imersões em água quente, vapor de água, ou ar quente e seco. O tratamento térmico com o uso do vapor foi desenvolvido principalmente para controlar insetos. Ao mesmo tempo o ar quente e seco tem sido utilizado para controlar fungos insetos (LURIE, 1998). Tratamentos térmicos também pode ser utilizados para diminuir o metabolismo de processos ou para induzir a resistência à lesões devido à refrigeração e danos externos na casca durante o armazenamento (PAULL & CHEN, 2000).

A atividade da polifenol oxidase (PPO) em cascas de lichia provoca escurecimento, o que limita a aceitação do consumidor. A atividade da polifenol oxidase pode ser reduzida por procedimentos hidrotérmicos, reduzindo assim a concentração de SO₂ aplicada sobre casca dos frutos. Na prática comercial, os frutos são tratados com 4% HCl após a colheita, a fim de preservar a sua cor vermelha durante o armazenamento (ZAUBERMAN *et al.*, 1991)

5. MATERIAL E MÉTODOS

5.1 Aquisição dos frutos

Foram utilizadas lichias da cultivar ‘Bengal’, no estágio de maturação fisiológica (frutos de coloração vermelha uniforme) provenientes de pomar comercial do Sítio Akamatsu (figura 1), localizado no município de Carlópolis - PR, cujas coordenadas geográficas são: Latitude 23° 25’ 39”S, Longitude 40° 43’ 17” e 550 m de altitude, distante 190 km de Botucatu: latitude de 22°52'20" S, longitude 48°26'37" W e 815m de altitude.



Figura 1: Frutos de lichia no estágio de maturação fisiológica

Os frutos foram transportados no dia da colheita via terrestre ao Laboratório de Frutas e Hortaliças do Departamento de Gestão e Tecnologia Agroindustrial da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Câmpus de Botucatu, SP onde foi conduzido o experimento.

5.2 Experimento

Os frutos, assim que chegaram de Carlópolis – PR, passaram por seleção de acordo com a sua sanidade e uniformidade de coloração.

Depois de higienizados com 150ppm de cloro e secos, foram submetidos aos seguintes tratamentos: Imersão em água a 45°C por: T – 1: controle (0 minuto); T – 2: 5 minutos; T – 3: 10 minutos; T – 4: 15 minutos; T – 5: 20 minutos e T – 6: 25 minutos (figura 2).

Depois de secos, os frutos foram acondicionados em bandejas de poliestireno expandido (figura 3) e selados com filme de policloreto de vinila 0,020mm, sendo que cada embalagem com 10 frutos (cerca de 200 gramas) e armazenados em B.O.D. a $5\pm 0,5^{\circ}\text{C}$ e $90\pm 5\%$ de UR por 15 dias segundo recomendação de Chitarra e Chitarra (2005).



Figura 2: Tratamento térmico aplicado aos frutos.



Figura 3: Acondicionamento dos frutos.

Os frutos foram analisados quanto às características físicas, físicoquímicas, químicas e bioquímicas após a colheita e na retirada da B.O.D. (aos 3, 6, 9, 12 e 15 dias).

Foram avaliados quanto à avaliação visual com o intuito de se determinar a influência da imersão dos frutos e do tempo de armazenamento. Para as análises destrutivas foram utilizadas três bandejas de cada tratamento contendo dez frutos, realizadas a cada três dias.

5.3 Análises físicas, físico-químicas, químicas

5.3.1 Avaliação visual

Dada pelo número de dias em que os frutos se conservaram em função da sua qualidade comercial (sanidade e coloração). O escurecimento foi analisado pelo número de dias em que os frutos se conservaram, em função da sua qualidade comercial. Para isso, foi utilizada uma escala subjetiva de notas: 9 (frutos frescos e ausência de escurecimento); 7 (frutos frescos e leve escurecimento); 5 (pouco aspecto de frescor e moderado escurecimento); 3 (sem frescor e elevado escurecimento) e 0 (frutos desidratados e totalmente escurecidos), sendo que 5 foi a nota limite para a qualidade comercial.

5.3.2 Perda de massa fresca

O grupo controle foi analisado sem que o material fosse destruído, conforme o proposto por OCHSE (1974), citado por MUGNOL (1994).

Para a perda de massa fresca as pesagens foram realizadas utilizando-se balança semi-analítica marca OWLABOR – carga máxima de 2000g e precisão de 0,01g. As repetições foram pesadas no início do experimento e a cada 3 dias, permitindo o cálculo da perda de massa fresca em porcentagem.

5.3.3 Firmeza da polpa

A firmeza foi determinada na polpa dos frutos com o auxílio do Texturômetro (STEVENS – LFRA texture analyser) com a distância de penetração de 10 mm e velocidade de 2,0 mm seg⁻¹, utilizando-se a ponteira TA 9/1000. O valor obtido para

determinar a firmeza em grama-força por centímetro quadrado (gf cm^2), é definido como a força máxima requerida para que uma parte da ponteira penetre na polpa do produto.

5.3.4 Potencial hidrogeniônico (pH)

O pH foi mensurado na polpa triturada dos frutos utilizando-se um potenciômetro (Digital DMPH-2), segundo a técnica da AOAC (1992).

5.3.5 Acidez titulável (AT)

A acidez titulável foi expressa em gramas de ácido cítrico por 100g de polpa (g de ácido cítrico 100g⁻¹), obtida por meio da titulação de 5g de polpa homogeneizada e diluída para 100 ml de água destilada, com solução padronizada de hidróxido de sódio a 0,1 N, tendo como indicador a fenolftaleína, que se dá quando o potenciômetro atinge 8,1, conforme recomendação do INSTITUTO ADOLFO LUTZ (1985).

5.3.6 Sólidos solúveis (SS)

Foi determinado por refratometria, em refratômetro digital tipo Palette PR – 32, marca ATAGO, com compensação de temperatura automática, segundo a AOAC (1992). Os resultados foram expressos em °Brix.

5.3.7 Relação SS/AT (“Ratio”)

Foi determinado pela relação entre o teor de sólidos solúveis e acidez titulável (TRESSLER e JOSLYN, 1961).

5.3.8 Ácido ascórbico

As amostras para a determinação do teor de ácido ascórbico foram obtidas pela adição de 30ml de ácido oxálico a 30g de polpa, sendo estas congeladas em seguida. O conteúdo de ácido ascórbico foi determinado a partir de 10g da polpa, por titulação em ácido oxálico a 0,5% com DFI – 2,6 Diclorofenolindofenol a 0,01N, com resultados expressos em mL de ácido ascórbico 100mL^{-1} de polpa (MAPA, 2006).

5.3.9 Açúcares redutores

Uma parte do extrato da polpa foi congelada para a determinação posterior dos teores de açúcares. A metodologia utilizada foi descrita por Somogy, adaptada por Nelson (1944). O aparelho utilizado foi o espectrofotômetro Micronal B 382, sendo a leitura realizada a 535 nm.

5.3.10 Taxa respiratória

A determinação da taxa de respiração, feita de forma indireta. Foi efetuada em respirômetro, pela medida do CO_2 liberado, de acordo com metodologia adaptada de Bleinroth *et al.* (1976).

A taxa de respiração foi calculada pela seguinte fórmula:

$$\text{TCO}_2 = 2,2(\text{Vo}-\text{V1}).10/ \text{P.T}$$

TCO_2 = Taxa de respiração ($\text{ml CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$);

Vo = Volume gasto de HCl para titulação de hidróxido de potássio – padrão antes da absorção de CO_2 (ml);

V1 = Volume gasto de HCl para titulação de hidróxido de potássio após a absorção do CO_2 da respiração (ml);

P = peso dos frutos;

T = Tempo da respiração;

2,2 = Inerente ao equivalente de CO_2 (44/2), multiplicado pela concentração do ácido clorídrico;

10 = Ajuste para o total de hidróxido de potássio usado no experimento.

5.3.11 Coloração

Coloração externa de 3 frutos com medição em dois lados de cada fruto, de cada repetição utilizando-se de colorímetro Chroma meter da marca Minolta CR300, expressa pelo sistema com escala CIELAB (L^* , a^* , b^*). Medições de coloração foram expressas em termos de valor L = luminosidade [0 (cor preta) a 100 (cor branca)]; e as coordenadas a = [-60,0 (verde) a +60,0 (vermelho)] e b = [-60,0 (azul) a +60,0 (amarelo)], segundo Olesen *et al.* (2003).

5.3.12 Atividade específica da Polifenol oxidase - PPO (EC. 1.14.18.1) e da Peroxidase – POD (EC. 1.11.1.7)

Quinhentos miligramas (500mg) de casca foram pulverizadas em N líquido, homogeneizadas em 5 mL de tampão acetato de sódio 100 mM pH 5,0 e centrifugados a 12.000 g por 25 minutos à 4°C, obtendo-se dessa maneira o extrato bruto. O sobrenadante foi utilizado para determinar a atividade da enzima peroxidase segundo Lima *et al.* (1998), sendo a leitura feita a 505nm e expressa em $\mu\text{mol H}_2\text{O}_2$ decomposto g^{-1} de mg proteína min^{-1} e da enzima polifenol oxidase (CANO *et al.*, 1997), lida a 395 nm. A atividade específica da enzima foi expressa em $\mu\text{mol catecol oxidado mg de proteína}^{-1} \text{ min}^{-1}$.

Para o cálculo da atividade específica das enzimas, foi feita a medição do teor total de proteína solúvel foi utilizado método de Bradford (1976).

5.4 Delineamento Experimental e Análise Estatística

O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado (D.I.C.), compostos por seis tratamentos e cinco tempos de armazenamento, compondo um fatorial 6x5.

Para as avaliações destrutivas, cada tratamento foi composto de três repetições, estas formadas por três bandejas para cada dia de análise. Para as avaliações não-destrutivas, perda de massa fresca foram utilizadas cinco repetições por tratamento ao longo do armazenamento.

Os resultados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1 Análise visual

Em função da qualidade comercial, que levou em conta a sanidade dos frutos e a coloração (visual), verificou-se que os frutos de todos os tratamentos mantiveram sua sanidade ao longo de todo o período de armazenamento (Figura 10). Os frutos imersos por 10 minutos a 45°C (Tratamento 3) apresentaram nota 5,5 até o 24º dia de armazenamento, sendo este o melhor tratamento para este parâmetro seguido pelos tratamentos 2 (5 minutos de imersão) e controle. Os frutos dos tratamentos 4, 5 e 6 (15, 20 e 25 minutos de imersão) apresentaram escurecimento acentuado devido ao alto tempo de exposição ao calor, sendo que isso pode ser explicado pelo escurecimento não enzimático que é acrescido pelo aumento no tempo de exposição ou pelo aumento na temperatura como pode ser verificado nas figuras de 4 a 10.



Figura 4. Tratamento controle aos 15 dias de armazenamento



Figura 5. Tratamento 2 (5 minutos de imersão em água a 45°C) aos 15 dias de armazenamento



Figura 6. Tratamento 3 (10 minutos de imersão em água a 45°C) aos 15 dias de armazenamento



Figura 7. Tratamento 4 (15 minutos de imersão em água a 45°C) aos 15 dias de armazenamento



Figura 8. Tratamento 5 (20 minutos de imersão em água a 45°C) aos 15 dias de armazenamento



Figura 9. Tratamento 6 (25 minutos de imersão em água a 45°C) aos 15 dias de armazenamento

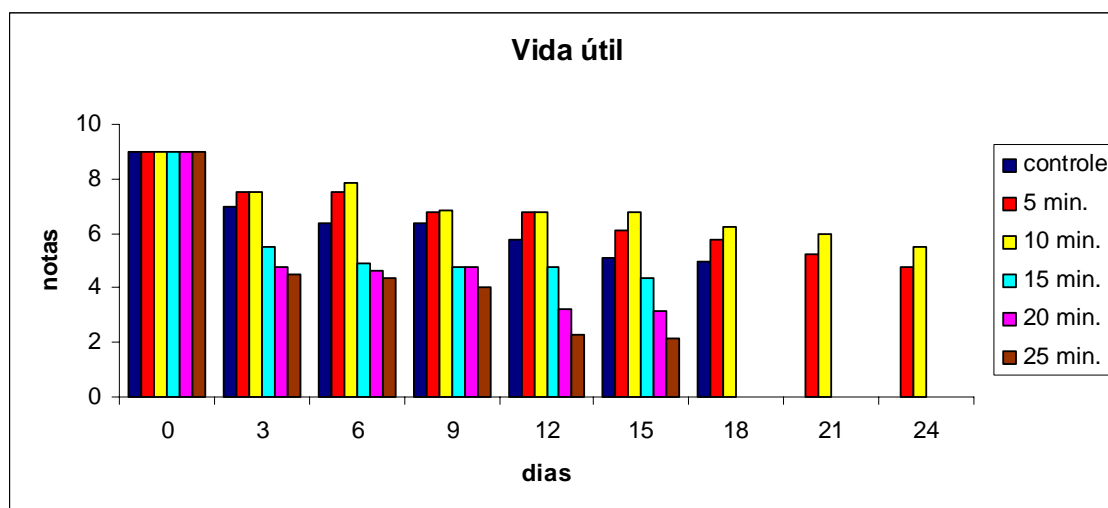


Figura 10: Vida útil (dias) em lichias submetidas ao tratamento térmico (45°C) e frigorificados (5°C).

6.2 Perda de massa fresca

Os resultados obtidos na Figura 11 e Tabela 1 revelaram aumento na perda de massa fresca durante o armazenamento para todos os frutos dos diferentes tratamentos. Segundo Brackmann *et al.* (2003) a perda de massa pode comprometer a qualidade dos frutos, a qual pode ser atribuída à perda de água por transpiração.

Os frutos submetidos ao tratamento controle, seguido pelo tratamento 2, 5 minutos de imersão, foi o que apresentou os melhores resultados em todo o período de análise. Isso pode ser explicado pelo fato destes frutos não terem sido submetidos ao estresse térmico, o que pode interferir nos processos fisiológicos, acelerando o seu metabolismo.

Dados estes concordantes com Paull *et al.*, 1995, a imersão dos frutos de lichia 'Kwai Mei' em água quente (45° por 5 minutos) reduziu a perda de massa dos frutos quando comparado com os frutos tratados com mais altas temperaturas. Em contraposição, Wara-Aswapati *et al.* (1987) reportaram que a imersão dos frutos, quando aplicada sozinha, aumenta a perda de massa em frutos de lichia e longan armazenados em condições ambiente.

Já Huang *et al*, 2005, estudando frutos de lichia cv. Huaizhi, verificaram que os frutos armazenados à temperatura ambiente ficaram totalmente escurecidos em 6 dias. Sugeriram ainda que a perda de massa foi responsável pela rápida dessecação do pericarpo o que pode aumentar o escurecimento.

Além do tratamento térmico, o armazenamento do frutos em baixa temperatura e atmosfera contendo umidade relativa de $90\pm 5\%$ faz com que a perda de massa seja baixa quando comparada a Jiang & Fu, 1999 verificaram que frutos de lichia cv. Huaizhi armazenados em temperatura de 20°C e umidade relativa de 60% 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.

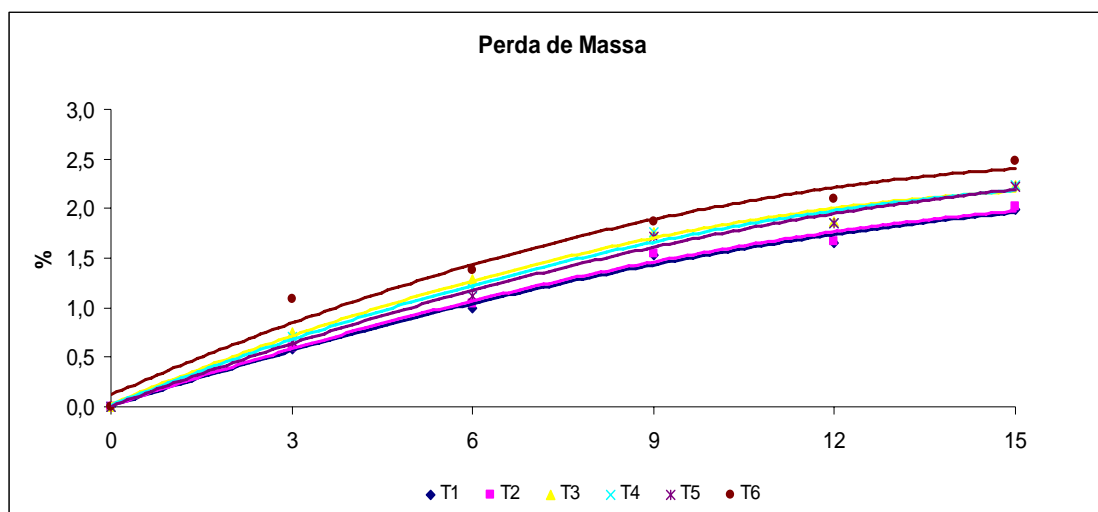


Figura 11. Perda de massa fresca (%) em lichias submetidas aos tratamentos térmicos (45°C) e frigoríficos (5°C).

Tratamentos	Equações de Regressão	r^2
T1	$-0,0047x^2 + 0,2012x + 0,0051$	0,9929
T2	$-0,0051x^2 + 0,2071x + 0,0092$	0,9925
T3	$-0,0072x^2 + 0,2505x + 0,0274$	0,9926
T4	$-0,0064x^2 + 0,2401x + 0,0179$	0,9909
T5	$-0,0054x^2 + 0,2269x + 0,0065$	0,9925
T6	$-0,0074x^2 + 0,2633x + 0,1218$	0,9757

Tabela 1. Equações de regressão e ajuste da reta (r^2) para Perda de massa fresca (%) em lichias submetidas aos tratamentos térmicos (45°C) e frigoríficos (5°C).

6.3 Firmeza da polpa

Como demonstram os resultados da análise de regressão (Figura 12 e Tabela 2), houve pequeno aumento nos valores de firmeza de lichias ‘Bengal’, em todos os tratamentos até o 12º dia de análise, seguido de queda no último dia de armazenamento.

Geralmente a perda de firmeza dos frutos durante o período de armazenamento ocorre principalmente como resultado das protopectinas insolúveis em água em soluções de pectina solúveis em água (KAYS, 1991) independente do tratamento utilizado. Porém Mahajan & Goswani, 2004, durante seu estudo, com frutos da cv. “Bombay”, observaram um aumento na firmeza nos 22 dias de armazenamento. O aumento na firmeza pode ser atribuído à perda de umidade dos frutos durante o armazenamento, o que corresponde à perda de umidade e características dos solutos e ainda ao aumento de elasticidade da polpa causando assim, uma maior resistência à penetração.

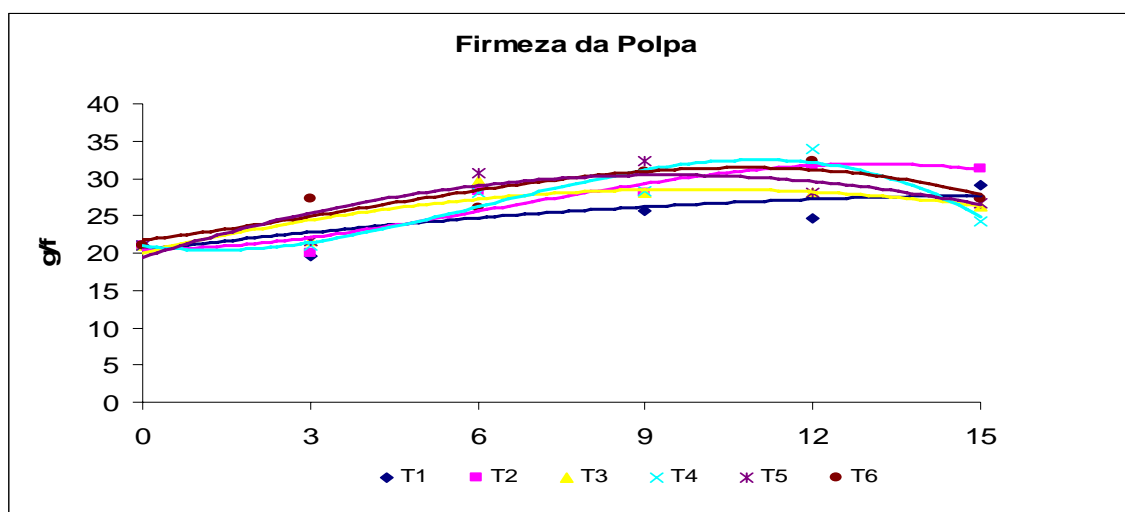


Figura 12. Firmeza da polpa (g/f) em lichias submetidas aos tratamentos térmicos (45°C) e frigorificados (5°C).

Tratamentos	Equações de Regressão	r ²
T1	$-0,0258x^2 + 0,879x + 20,369$	0,5225
T2	$-0,0304x^2 + 1,2786x + 19,643$	0,8546
T3	$-0,0866x^2 + 1,7187x + 20,036$	0,7743
T4	$-0,0259x^3 + 0,4774x^2 - 1,0689x + 21,019$	0,8791

T5	$-0,008x^3 + 0,0888x^2 + 0,8745x + 21,72$	0,8277
T6	$-0,1257x^2 + 2,3516x + 19,452$	0,767

Tabela 2. Equações de regressão e ajuste da reta (r^2) para Firmeza da polpa (g/f) em lichias submetidas aos tratamentos térmicos (45°C) e frigorificados (5°C).

6.4 Potencial hidrogeniônico (pH)

Os resultados referentes ao pH dos frutos são encontrados na Tabela 3, nas quais se observam pequeno aumento nos valores durante o armazenamento.

Os tratamentos 1, 3 e 4 apresentaram aumento no 3º dia de análise seguido por uma queda até o 12º e aumento no último dia. Resultados semelhantes aos encontrados por Zheng & Tian, 2006, que verificaram que frutos de lichia cv. “Huaizhi” tiveram aumento nos valores de pH variando de 4,43 depois de colhido e 4,73, 4 dias depois de colhidos.

Acréscimos dos valores de pH da polpa dos frutos de lichia, também foram obtidas por Paull *et al.* (1984) ao longo do armazenamento. Jiang & Fu (1999), trabalhando com frutos de lichia 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 4,2 em atmosfera de 90%UR no primeiro dia de análise a 4,35 no terceiro dia; o tratamento que estava a 60%UR, obtiveram valores de 4,42 a 4,87 no terceiro dia.

Tabela 3. Variação média do teor de pH em lichias submetidas aos tratamentos térmicos (45°C) e frigorificados (5°C).

Tratamentos	dias de armazenamento					
	0	3	6	9	12	15
0 min	4,56 a B	4,61 ab AB	4,52 a B	4,60 a AB	4,57 a B	4,84 a A
5 min	4,56 a AB	4,72 a AB	4,50 a B	4,75 a A	4,60 a AB	4,69 a AB
10 min	4,56 a A	4,57 ab A	4,62 a A	4,64 a A	4,48 a A	4,66 a A
15 min	4,56 a A	4,70 a A	4,70 a A	4,54 a A	4,52 a A	4,66 a A
20 min	4,56 a AB	4,44 b B	4,62 a AB	4,68 a AB	4,46 a B	4,75 a A
25 min	4,56 a A	4,59 ab A	4,56 a A	4,64 a A	4,67 a A	4,68 a A

CV (%): 2,18

Média geral: 4,61

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

6.5 Acidez titulável (AT)

A acidez titulável dos frutos de lichia (Tabela 4) não foi influenciada significativamente pelos tratamentos, porém, ocorreu decréscimo nos teores durante o período de armazenamento, dados estes concordantes com Jiang *et al.*, 2004 que relataram a diminuição nos valores de acidez titulável de 0,61 a 0,58 em frutos tratados com HCl a 1% e 0,69 a 0,61 em frutos de lichia não tratados após 12 dias de armazenamento.

Os dados também concordam com Chitarra e Chitarra (2005), que relatam que com o amadurecimento, a maioria dos frutos perde rapidamente a acidez, e com Brody (1996), o qual demonstra em seus trabalhos que o teor de ácidos orgânicos, com poucas exceções, tendem a diminuição com o amadurecimento dos frutos, em decorrência do processo respiratório ou da sua conversão em açúcares. Wills *et al.* (1981) também explica que esta redução na acidez, geralmente é devido ao consumo dos ácidos ou da conversão em açúcares, pois os mesmos são considerados reserva de energia e são utilizados na atividade metabólica, no processo de amadurecimento.

Tabela 4. Variação média do teor de acidez titulável (g. ac.cítrico 100g de polpa⁻¹) em lichias submetidas aos tratamentos térmicos (45°C) e frigorificados (5°C).

Tratamentos	dias de armazenamento					
	0	3	6	9	12	15
0 min	0,3192 a A	0,3140 a A	0,3098 a A	0,2908 ab A	0,293 a A	0,2543 a A
5 min	0,3192 a A	0,2839 a AB	0,2663 a AB	0,253 b B	0,2765 a AB	0,2888 a AB
10 min	0,3192 a A	0,3355 a A	0,2966 a A	0,2844 ab A	0,3033 a A	0,2777 a A
15 min	0,3192 a A	0,3005 a A	0,2675 a A	0,3198 a A	0,2896 a A	0,2827 a A
20 min	0,3192 a A	0,3147 a A	0,2892 a A	0,2888 ab A	0,3182 a A	0,2623 a A
25 min	0,3192 a A	0,3263 a A	0,3059 a A	0,2724 ab A	0,2818 a A	0,2693 a A

CV (%): 9,34

Média geral: 0,29

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

6.6 Sólidos solúveis (SS)

Os teores de sólidos solúveis dos frutos de lichia apresentaram poucas variações ao longo do experimento e foram influenciados pelos tratamentos somente

no 15º dia de armazenamento (tabela 5). Verificou-se acréscimo até o 3º dia de armazenamento seguido por queda até o 12º dia, seguido por leve aumento. Resultados semelhantes foram obtidos por Nagar (1994), o qual obteve redução dos teores de sólidos solúveis de frutos de lichia ao longo de 10 dias de armazenamento a 25°C e 80%UR.

Os resultados apresentados também concordam com Jiang *et al*, 2004, que encontraram valores variando de 15,7 a 15,1 em frutos controle e de 16,6 a 15,2 em frutos tratados com HCl a 1% aos 12 dias depois de colhidos.

Chitarra e Chitarra (2005), afirmam que os sólidos solúveis apresentam tendência de aumento com o amadurecimento devido ao aumento do teor de açúcares simples.

Os principais componentes dos S.S. são os açúcares e estes por sua vez são os principais substratos da respiração vegetal, o que pode justificar os resultados obtidos. De maneira similar, Jiang & Fu (1999), trabalhando com frutos de lichia sob condições de atmosfera controlada e armazenamento refrigerado, obtiveram valores superiores de S.S. nos demais tratamentos em comparação ao controle, porém sem apresentar diferenças.

Os valores de sólidos solúveis encontrados variaram de 17,16 a 18,86º Brix. Valores semelhantes foram encontrados por Wall, 2006 que analisou diferentes cultivares de lichia em diversas localidades asiáticas e obteve os seguintes valores de sólidos solúveis (ºBrix): cv. Bosworth-3 encontrados em Hakalau tiveram valores de 19,93; a cv. Bosworth-3 em Kurtistown, 19,37; a cv. Groff em Kilauea 17,47; a cv. Kaimana em Hakalau 19,00; a cv. Kaimana em Puueo 18,65 e a cv. Kaimana encontrados em Waiakea 18,97.

Tabela 5. Variação média do teor de sólidos solúveis (ºBrix) em lichias submetidas aos tratamentos térmicos (45°C) e frigorificados (5°C).

Tratamentos	dias de armazenamento					
	0	3	6	9	12	15
0 min	17,90 a A	18,03 a A	18,03 a A	18,00 a A	17,90 a A	18,03 a A
5 min	17,90 a AB	18,30 a A	18,36 a A	17,40 a AB	17,16 a AB	17,86 ab B
10 min	17,90 a AB	18,86 a A	18,23 a AB	17,70 a B	17,76 a B	17,90 ab AB
15 min	17,90 a AB	18,36 a A	17,90 a AB	17,93 a AB	17,20 a B	16,93 b B
20 min	17,90 a ABC	18,80 a A	18,30 a AB	17,16 a C	17,10 a C	17,23 ab BC
25 min	17,90 a ABC	18,60 a A	18,13 a AB	17,96 a AB	16,83 a C	17,23 ab BC

CV (%): 2,57

Média geral: 17,85

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

6.7 “Ratio”

A relação SS/AT (“Ratio”) é uma das formas mais utilizadas para avaliação do sabor, sendo mais representativa que a medição isolada de açúcares ou da acidez titulável (CHITARRA e CHITARRA, 2005). Como demonstra a Tabela 6, nesta relação observou-se elevação durante o armazenamento em todos os tratamentos porém com elevação mais acentuada no tratamento controle.

Tabela 6. Variação média do ‘Ratio’ (S.S./A.T.) em lichias submetidas aos tratamentos térmicos (45°C) e frigorificados (5°C).

Tratamentos	dias de armazenamento					
	0	3	6	9	12	15
0 min	56,07 a B	57,42 a B	59,58 a AB	62,49 a AB	61,09 a AB	71,62 a A
5 min	56,07 a B	64,63 a AB	69,52 a A	69,30 a AB	62,67 a AB	62,04 a AB
10 min	56,07 a A	56,27 a A	61,72 a A	62,82 a A	58,77 a A	64,53 a A
15 min	56,07 a A	62,08 a A	67,60 a A	56,19 a A	59,99 a A	59,90 a A
20 min	56,07 a A	59,85 a A	63,98 a A	59,85 a A	54,30 a A	65,91 a A
25 min	56,07 a A	57,08 a A	59,53 a A	66,28 a A	60,20 a A	64,73 a A

CV (%): 9,14

Média geral: 61,07

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

6.8 Ácido ascórbico

Os valores de ácido ascórbico decaíram nos frutos de todos os tratamentos, no entanto não foram observadas diferenças estatísticas entre as doses de imersão dos frutos e durante todo o período. Estes resultados são concordantes com Santos *et al.* (2006) que observaram diminuição nos teores de ácido ascórbico em pitangas, independentemente da temperatura de armazenamento e do estágio de amadurecimento quando armazenadas sob atmosfera modificada.

Segundo Chitarra e Chitarra (2005), os valores de vitamina C tendem a diminuir com o amadurecimento e com o armazenamento de muitos produtos hortícolas, devido à atuação direta da enzima ácido ascórbico oxidase (ascorbinase).

Os teores de ácido ascórbico dos frutos variaram de 35,40 a 27,77 mL ac. ascórbico 100mL⁻¹ polpa (tabela 7). Essa queda observada pode ser devido ao fato de que o ácido ascórbico é um antioxidante natural e pode ser utilizado em reações oxidativas que são ativadas devido aos estresses sofridos por membranas celulares durante a senescência do fruto (FOYER *et al.*, 1994).

Wall, 2006, analisou diferentes cultivares de lichia em diversas localidades asiáticas e obteve os seguintes valores de ácido ascórbico: cv. Bosworth-3 encontrados em Hakalau tiveram valores de ácido ascórbico de 21,00; a cv. Bosworth-3 em Kurtistown, 24,03; a cv. Groff em Kilauea 21,18; a cv. Kaimana em Hakalau 32,84; a cv. Kaimana em Puueo 36,01 e a cv. Kaimana encontrados em Waiakea 30,66 mg/100g.

Tabela 7. Variação média de Ácido Ascórbico (mL ac. ascórbico.100mL⁻¹ polpa) em lichias submetidas aos tratamentos térmicos (45°C) e frigorificados (5°C).

Tratamentos	dias de armazenamento					
	0	3	6	9	12	15
0 min	34,23 a A	35,40a A	35,14 a A	34,94 a A	30,68 a A	27,77 a A
5 min	34,23 a A	32,04 a A	29,71 a A	34,36 a A	32,68 a A	28,16 a A
10 min	34,23 a A	35,27 a A	31,78 a A	29,97 a A	30,23 a A	28,29 a A
15 min	34,23 a A	33,85 a A	28,81 a A	30,24 a A	33,85 a A	29,84 a A
20 min	34,23 a A	33,33 a A	33,59 a A	29,19 a A	32,04 a A	29,45 a A
25 min	34,23 a A	31,13 a A	34,23 a A	31,65 a A	30,87 a A	30,49 a A

CV (%): 12,26

Média geral: 32,02

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

6.9 Açúcares redutores

Diferenças estatísticas foram detectadas entre os tratamentos testados para os teores de açúcares redutores somente no 12º dia de análise (Tabela 8). Os valores variaram de 13,50 a 5,75%. Isso mostra que os tratamentos térmicos não influenciaram nos teores de açúcares redutores dos frutos. Dados estes, discordantes de Chitarra e Chitarra (2005) que relatam a ocorrência de consideráveis modificações nos teores de açúcares

redutores são observadas ao longo do amadurecimento de frutos climatéricos, os quais aumentam após a colheita e durante o armazenamento devido à biossíntese ou pela degradação de polissacarídeos. Depois de amadurecidos, os teores destes açúcares em frutos decrescem devido ao consumo pela respiração, como observado no tratamento testemunha.

Tabela 8. Variação média dos Açúcares redutores (%) em lichias submetidas aos tratamentos térmicos (45°C) e frigorificados (5°C).

Tratamentos	dias de armazenamento					
	0	3	6	9	12	15
0 min	13,50 a AB	12,83 a AB	12,89 a A	11,58 a AB	10,94 ab B	8,21 a C
5 min	13,50 a A	12,19 a A	12,86 a A	11,61 a A	9,96 ab B	10,16 ab B
10 min	13,50 a A	12,15 a A	12,19 a A	11,49 a A	9,89 ab B	6,84 b C
15 min	13,50 a A	13,13 a AB	12,53 a A	11,43 a A	10,56 ab B	5,82 b C
20 min	13,50 a AB	12,33 a AB	12,42 a A	11,82 a AB	11,32 a B	5,80 b C
25 min	13,50 a A	12,24 a A	12,50 a A	11,50 a A	8,32 b B	5,75 b B

CV (%): 9,44

Média geral: 11,91

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

6.10 Taxa respiratória

Os dados da taxa respiratória de lichias ‘Bengal’ estão apresentados na Figura 13. Os frutos não apresentaram pico respiração ao longo do armazenamento, apresentando assim um padrão não climatérico. Nota-se acentuada diminuição na atividade respiratória no primeiro dia de armazenamento, isso devido à diminuição do estresse sofrido pelos frutos na colheita, transporte e tratamento. Paull & Chen, 2000 obtiveram acréscimo da taxa respiratória até o primeiro dia do experimento seguido de queda contínua até o 8º dia de armazenamento em frutos de lichia armazenados a 22°C.

Os valores encontrados foram de 27 a 2 ml CO₂ kg⁻¹ h⁻¹. Segundo Chen *et al.* 1987., a taxa respiratória dos frutos de lichia é alta, ao redor de 200mL CO₂ kg⁻¹ h⁻¹ à temperatura ambiente e de 60-80 mL de CO₂ kg⁻¹ h⁻¹ sob armazenamento refrigerado, valores estes superiores aos encontrados no presente trabalho.

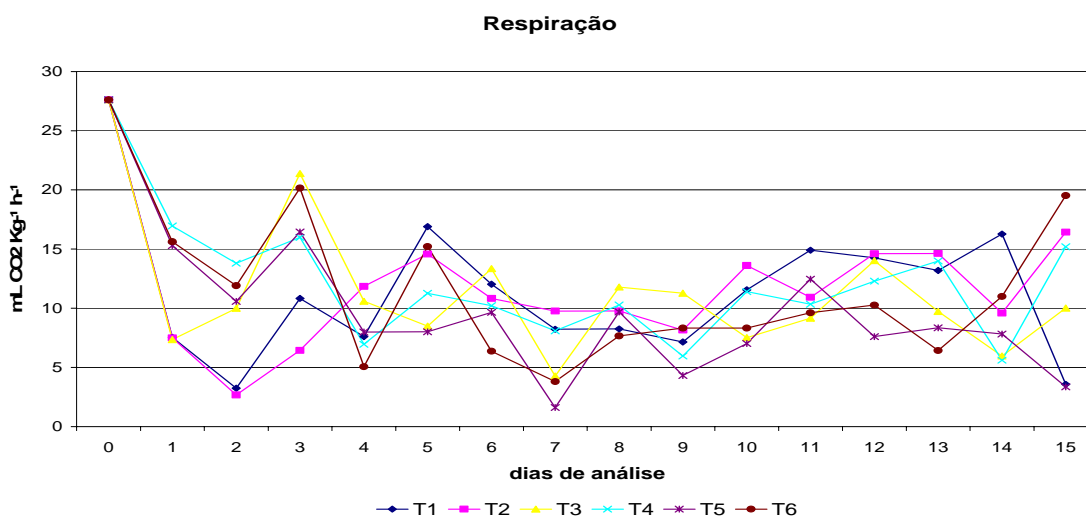


Figura 13. Taxa Respiratória ($\text{mL CO}_2 \text{ Kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$) em lichias submetidas aos tratamentos térmicos (45°C) e frigorificados (5°C).

6.11 Coloração

Os melhores tratamentos para a manutenção dos valores de L (tabela 9) para os frutos de lichia 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. Dados semelhantes foram encontrados por Olesen *et al.* (2004) que estudaram a influência do binômio tempo x temperatura na manutenção da qualidade de lichia cv. 'Kwai May Pink' armazenados a 5°C e observaram que 19 dias após a colheita, os frutos imersos por 5 minutos a 52°C e 2 minutos a 50°C apresentavam valores de L superiores aos frutos controle.

Diminuição nos valores de L em lichia foi relatada por Saengnil *et al.* (2006) que estudaram a influência da imersão dos frutos de lichia em água quente (98°C por 30s), e de imersões em soluções de ácido oxálico, ácido cítrico e ácido ascórbico a 0; 2,5; 5; 10 e 15% por 15 minutos e observaram que a imersão em água quente diminuiu os valores de L, deixando os frutos mais escuros. Isso pode ser devido à alta temperatura utilizada e o escurecimento não-enzimático.

Tabela 9. Variação média de Luminosidade – L em lichias submetidas aos tratamentos térmicos (45°C) e frigorificados (5°C).

Tratamentos	dias de armazenamento					
	0	3	6	9	12	15
0 min	41,06 a A	36,62 ab A	38,89 a A	36,10 a A	37,34 a A	37,89 ab A
5 min	41,06 a A	40,87 a A	40,41 a A	38,72 a A	37,80 a A	39,98 a A
10 min	41,06 a A	37,32 ab A	33,51 ab A	39,10 a A	35,53 a A	42,34 a A
15 min	41,06 a A	32,61 ab AB	29,14 b B	28,38 a AB	32,53 a AB	30,06 bc B
20 min	41,06 a A	32,83 ab AB	27,57 b B	30,14 a AB	29,90 a AB	27,10 c AB
25 min	41,06 a A	28,46 b B	27,15 b B	30,74 a AB	28,78 a AB	27,05 c B

CV (%): 11,06

Média geral: 35,84

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

A imersão de lichia em água à temperatura de 55°C por 20 segundos aumentou sua vida pós-colheita Fallik (2004). Por outro lado, o uso do tratamento térmico promoveu a diminuição nos valores do parâmetro ‘a’ em frutos de lichia cv. ‘Hong Huay’ (SAENGNIL *et al.*, 2006). Os valores de ‘a’ apresentaram pouca variação nos frutos ao longo do tempo de armazenamento nos tratamentos 1, 2 e 3, enquanto que os demais tratamentos apresentaram uma diminuição nos valores mostrando que o alto tempo de exposição ao tratamento causou degradação dos pigmentos da casca (tabela 10). Zhang *et al.* (2005) observaram que os níveis do pigmento antocianina diminuem com o aumento do escurecimento e com o aumento do tempo de armazenamento. Assim, neste trabalho observou-se a diminuição do escurecimento dos frutos com o tratamento térmico, principalmente 5 e 10 minutos, o que poderia ter afetado o metabolismo de degradação de antocianina.

Dados semelhantes foram encontrados por Olesen *et al.* (2004) que verificaram que os frutos submetidos a 50°C por 2 minutos apresentaram resultados superiores ao controle confirmando a eficácia do tratamento térmico. A utilização do tratamento hidrotérmico por pelo menos 2 minutos a 50°C, descrita por Wong *et al.*, (1991) e Underhill & Critchley (1993) indicaram que lichias tem seu escurecimento diminuído.

Recentemente, um procedimento com spray de vapor de água foi desenvolvido por Lichter *et al.* (2000) para o tratamento da fruta. As frutas tratadas por este

procedimento podem ser armazenadas durante, pelo menos 35 dias à temperatura baixa, mantendo-se uma cor vermelho uniforme.

Tabela 10. Variação média de Coloração ‘a’ em lichias submetidas aos tratamentos térmicos (45°C) e frigorificados (5°C).

Tratamentos	dias de armazenamento					
	0	3	6	9	12	15
0 min	35,20 a A	38,25 a A	39,23 a A	36,84 a A	35,60 ab A	37,89 a A
5 min	35,20 a A	36,89 a A	37,39 a A	35,08 a A	36,47 ab A	39,97 a A
10 min	35,20 a A	37,83 a A	35,32 ab A	35,70 a A	39,95 a A	37,26 a A
15 min	35,20 a AB	31,90 ab ABC	28,72 bc BC	34,64 a AB	30,76 ab A	25,83 b C
20 min	35,20 a A	29,61 b ABC	25,28 c BC	32,26 a AB	26,89 b ABC	23,33 b C
25 min	35,20 a A	25,83 b AB	24,71 c BC	24,33 b B	23,80 b BC	21,39 b B

CV (%): 8,82

Média geral: 33,73

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

De acordo com a tabela 11, pode-se observar que os frutos do tratamento controle; tratamento 2, 5 minutos e tratamento 3, 10 minutos de imersão apresentaram aumento nos valores de ‘b’ enquanto os frutos dos demais tratamentos apresentaram diminuição significativa nos valores deste parâmetro. RIVERA-LOPES *et al.*, 1999 estudaram a coloração dos frutos de lichia e verificaram que os valores de b diminuem com o amadurecimento dos frutos, sendo a diminuição neste parâmetro significa aumento na senescência.

Tabela 11. Variação média de Coloração ‘b’ em lichias submetidas aos tratamentos térmicos (45°C) e frigorificados (5°C).

Tratamentos	dias de armazenamento					
	0	3	6	9	12	15
0 min	22,58 a A	23,46 ab A	25,27 a A	24,34 ab A	25,23 a A	24,61 a A
5 min	22,58 a A	26,38 a A	25,37 a A	25,42 a A	24,89 ab A	25,59 a A
10 min	22,58 a A	24,84 b A	24,23 ab A	25,46 a A	24,83 ab A	25,95 a A
15 min	22,58 a AB	20,07 bc AB	19,01 bc AB	19,87 ab A	19,64 ab AB	17,93 b B
20 min	22,58 a A	20,21 bc AB	17,30 bc B	19,23 ab AB	19,13 b A	18,99 b B
25 minutos	22,58 a A	17,64 c AB	15,86 c B	17,43 b AB	17,65 ab A	15,34 b B

CV (%): 9,56

Média geral: 22,25

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

6.12 Atividade específica da polifenol oxidase e da peroxidase

Dados mostrados na tabela 12 mostram que o tratamento térmico atuou na diminuição da atividade da enzima PPO assim que os frutos foram tratados. Esta diminuição pode ter sido responsável pelo menor escurecimento nos frutos. De acordo com Jiang *et al.* (1996) o tratamento térmico a 55°C durante 2 min diminui a atividade da enzima PPO, o que pode auxiliar na diminuição do escurecimento dos frutos de lichia.

Os frutos de lichia submetidos a 20 e 25 minutos em água a 45°C apresentaram maior inibição na atividade, porém apresentaram maior escurecimento. Isso pode ser explicado pelo alto tempo de imersão dos frutos que pode ter ocasionado a caramelização dos açúcares presentes na casca (reação de Maillard) (ARAÚJO, 2004). Lichias tratadas com água quente à temperatura de 98°C por 30 segundos apresentaram diminuição na atividade da enzima PPO em frutos armazenados por 5 dias a 25°C (SAENGNIL *et al.*, 2006).

Tabela 12. Variação média de atividade específica da polifenol oxidase ($\mu\text{mol catecol oxidado mg de proteína}^{-1} \text{ min}^{-1}$) em lichias submetidas aos tratamentos térmicos (45°C) e frigorificados (5°C).

Tratamentos	dias de armazenamento					
	0	3	6	9	12	15
0 min	7,6745 a A	6,2163 a B	5,4489 a BC	4,2977 a CD	3,1312 a DE	3,3637 a E
5 min	7,6745 a A	4,1749 b B	3,0713 b BC	3,7912 ab BCD	2,6707 a CD	2,6493 ab D
10 min	7,6745 a A	3,254 bc B	4,0368 b BC	3,1772 ab BC	2,1563 a CD	2,5888 ab D
15 min	7,6745 a A	1,5963 d C	3,0237 b B	2,8703 b B	2,1177 a BC	1,3968 ab C
20 min	7,6745 a A	2,0721 cd BC	3,1465 b B	2,9317 b B	1,4098 a BC	1,2279 ab C
25 min	7,6745 a A	1,2433 d CD	3,1005 b B	2,7628 b B	1,3409 a BC	0,8288 b D

CV (%): 13,79

Média geral: 3,62

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

A POD apresentou comportamento semelhante ao da PPO, com diminuição da atividade nos frutos logo após o tratamento e aumento da atividade com o passar do período de armazenamento (tabela 13). Zheng & Tian (2006) encontraram resultados semelhantes quando utilizaram diferentes concentrações de ácido oxálico na atividade das enzimas POD e PPO e concluíram que após a imersão, a atividade enzimática foi menor que as do fruto controle. Maiores atividades da POD e PPO foram encontrados por

Zhang *et al.* (2005) em frutos sem tratamento durante 6 dias de armazenamento. A atividade da POD aumenta consistentemente com o índice de escurecimento, mas negativamente com a concentração de antocianina durante o armazenamento da lichia.

A variação da atividade da peroxidase após um período de armazenamento pode ser atribuído ao estresse gerado pela senescência, onde ocorre a formação de radicais livres, como peróxidos promovendo o aumento na atividade da enzima.

Tabela 13. Variação média de atividade específica da peroxidase ($\mu\text{mol H}_2\text{O}_2$ decomposto g^{-1} de mg proteína min^{-1}) em lichias submetidas aos tratamentos térmicos (45°C) e refrigerados (5°C).

Tratamentos	dias de armazenamento					
	0	3	6	9	12	15
0 min	0,0097 a A	0,0046 a B	0,0046 a B	0,0051 a B	0,0040 a B	0,0042 a B
5 min	0,0097 a A	0,0037 ab B	0,0035 ab B	0,0033 ab B	0,0041 a B	0,0039 a B
10 min	0,0097 a A	0,0021 ab C	0,0040 ab B	0,0039 ab B	0,0045 a B	0,0047 a B
15 min	0,0097 a A	0,0024 bc C	0,0036 ab AB	0,0032 ab AB	0,0039 a AB	0,0041 a B
20 min	0,0097 a A	0,0014 bc C	0,0033 ab B	0,0036 b B	0,0037 a B	0,0041 a B
25 min	0,0097 a A	0,0013 c D	0,0026 b CD	0,0041 b BC	0,0037 a BC	0,0044 a B

CV (%): 14,53

Média geral: 0,0046731

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

Quanto à proteína solúvel, os teores apresentaram comportamento semelhante aos das enzimas analisadas, com diminuição ao longo do tempo e com a intensidade dos tratamentos.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

No Brasil, a lichia tem despertado muito interesse sobre o conhecimento de sua fisiologia e processos metabólicos associados às técnicas de conservação pós-colheita dos frutos, esse conhecimento ainda é limitado. A qualidade dos frutos ofertados no mercado interno muitas vezes não atende aos padrões de qualidade exigidos pelos atacadistas, que é, em última análise, reflexo das exigências dos consumidores.

Esse interesse por parte tanto dos consumidores como dos produtores surgiu como uma alternativa econômica às culturas tradicionais, devido principalmente a alta rentabilidade que tais culturas alcançam no mercado interno e externo.

Apesar da lichia ser uma fruta de alto valor comercial, ainda existe muita falta de informação em todo o processo de produção da fruta.

A fruta apresenta aparência rústica e atraente devido à sua casca grossa e rugosa e coloração vermelha e é considerada como a rainha das frutas pelo seu sabor e aroma delicados.

Os tratamentos térmicos quando aplicado por 5 e 10 minutos a 45°C mostraram-se mais eficazes na manutenção da coloração da casca dos frutos que é o fator mais importante na qualidade dos frutos de lichia apresentando pequenas alterações químicas, físicas e físico-químicas na polpa dos frutos.

O tratamento térmico com 10 minutos de imersão favoreceu o aumento no tempo de comercialização da lichia devido ao prolongamento da sua vida útil

sendo que a fruta possui safra muito curta e alto preço. O aumento no número de dias para a comercialização pode garantir ganhos significativos aos produtores, sendo o tratamento térmico uma tecnologia limpa e de fácil acesso aos produtores.

Não houve incidência de doença em nenhum frutos dos tratamentos avaliados durante todo o período de armazenamento.

São necessários estudos mais detalhados sobre sua fisiologia para a aplicação de mais adequadas técnicas para a determinação do ponto ideal de colheita, melhores técnicas e condições de colheita, transporte, beneficiamento, armazenamento refrigerado e comercialização principalmente no que diz respeito ao escurecimento e ressecamento dos frutos, já que com o conhecimento e a aplicação dessas técnicas, a vida de pós-colheita dos frutos poderá saltar de 3 a 5 dias que é a realidade atual encontrada no país para uma nova realidade superior a 15 dias com ótima qualidade e assim proporcionar ganhos em toda a cadeia produtiva.

8. CONCLUSÃO

De acordo com as condições em que o experimento foi realizado, pode-se concluir que:

- O tratamento térmico mostrou-se eficaz na manutenção da qualidade dos frutos de lichia.
- Entre os tratamentos utilizados, o tempo de 10 minutos (45°C) foi o mais eficiente na manutenção da vida útil dos frutos por até 24 dias.

9. BIBLIOGRAFIA

AOAC. **Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemistry International**. 13th ed. Washington. 1992. 1015 p.

ABBOTT J. A. Quality measurement of fruits and vegetables. **Postharvest Biology and Technology** 15:207-225.

ABREU, C. M. P.; CARVALHO, V. D. de; GONÇALVES, N. B. Cuidados pós-colheita e qualidade do abacaxi para exportação. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 19, n. 195, p. 70-72, 1998.

ALVARENGA, L. R.; FORTES, J. M. Cultivares de fruteiras de clima temperado. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte. v. 11, n. 124, p. 3-24, 1985.

ARAÚJO, J. M. A. **Química de alimentos: teoria e prática**, 3ª ed. Viçosa: UFV, 2004, 478p.

BALTES, W. Chemical changes in food by the Maillard reaction. **Food Chemistry**, Amsterdam, v.18, p. 59, 1982.

BILLAUD, C.; BRUN-MÉRIMÉE, S.; LOUARME, L.; NICOLAS, J. Effect of glutathione and Maillard reaction products prepared from glucose or fructose with glutathione on polyphenoloxidase from apple I: enzymatic browning and enzyme activity inhibition. **Food Chemistry**, Amsterdam, v. 84, p. 223-233, 2004.

BLEINROTH, E. W.; ZUCHINI, A. G.; POMPEO, R. M. Determinação das características físicas e mecânicas de variedades de abacate e sua conservação pelo frio. **Coletânea ITAL**, Campinas. v. 7, n. 1, p. 29-81, 1976.

- BOBBIO, P.A.; BOBBIO, F.O. **Introdução à química de alimentos**, 3ª ed. São Paulo: Varela, 2003, 223p.
- BRACKMANN, A.S.; TEFFENS, C.A.; GIEHL, R.F.H. Armazenamento de pêssego 'Chimarrita' em atmosfera controlada e sob absorção de etileno. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 33, n. 3, 2003. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S010384782003000300006&lng=pt&nrm=iso>. Acesso em: 04 ago 2008.
- BRADFORD, M. M. A rapid and sensitive method for the quantification of microgram quantities of proteins utilizing the principle-dye binding. **Analytical Biochemistry**, v. 72, p. 248-254, 1976.
- BRODY, A. L. **Envasado de alimentos en atmosferas controladas, modificadas y a vacio**. Zaragoza: Acribia, 1996. 220 p.
- 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, 2002. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100204X2002001000001&lng=pt&nrm=iso>. Acesso em: 28 junho 2008.
- CALORE, L.; VIEITES, R. L. Conservação de pêssegos 'Biuti' por irradiação. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, 2003. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0101-20612003000400010&lng=pt&nrm=iso>. Acesso em: 21 jul. 2008.
- CAMARGO, R. **Tecnologia dos produtos agropecuários**. São Paulo: Nobel, 1986. 123 p.
- CANO, M.P. *et al* Differences among Spanish and Latin-American banana cultivars: morphological, chemical and sensory characteristics. **Food Chemistry**, n.59, p. 411-19, 1997.
- CHEN, H. J.; HONG, Q. Z. A study on the senescence and browning in the pericarp of litchi (*Litchi chinensis* Soon.) during storage. **Acta Horticulture Sinica**, v.19,p.227-232, 1992.
- CHEN, Y. Z.; LI, P.; WANG, Y. R.; ZENG, L.P. The effect of chilling temperature on respiration, electrolyte leakage and cold-storage life in litchi fruits. **Acta Horticulture Sinica**, v.14, p.169-173, 1987.
- CHITARRA, M.I.F. Fisiologia e qualidade de produtos vegetais. In: BOREM, F.M. (coord.). **Armazenamento e processamento de produtos agrícolas**. Lavras: UFLA/SBEA, 1998. p.1-

58 (Trabalho apresentado no Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, 27, 1998, Poços de Caldas, MG).

CHITARRA M. I. F.; CHITARRA A. B. 2005. **Pós-colheita de frutos e hortaliças-Fisiologia e Manuseio**. Lavras: UFLA. 785p.

COLLINS, J. L.; MCCARTY, I. E. Comparison of microwave energy with boiling water for blanching whole potatoes. *Journal of Food Technology*, Oxford, v. 23, p. 63-66, 1969.

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

DI RIENZO, C. A importância das câmaras frias na horticultura. **Tecnologia da Refrigeração**, São Paulo, n. 5, p. 16-22, 2001.

FALLIK, E. Prestorage hot water treatments (immersion, rinsing and brushing). **Postharvest Biology and Technology**, 32, 125–134, 2004.

FINGER FL; VIEIRA G. 1997. **Controle da perda pós-colheita de água em produtos hortícolas**. (Caderno didático, 19) - Viçosa-MG: UFV. 29p.

GERMANO, R. M. de A.; ARTHUR, V.; WIENDL, F. M.. Conservação pós-colheita de abacates *Persia americana* Mill., variedades Fortuna e Quintal, por irradiação. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 53, n. 2-3, 1996. Disponível em:

<[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-90161996000200010&lng=pt&nrm=iso)

90161996000200010&lng=pt&nrm=iso>. Acesso em: 28 jun 2008. Pré-publicação.

GOUPY, P.; AMIOT, M. J.; RICHARD-FORGET, F.; DUPRAT, F.; AUBERT, S.; NICOLAS, J. Enzymatic browning of model solutions and apple phenolic extracts by apple polyphenoloxidase. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 60, p. 497-505, 1995.

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

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

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

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**, n.36, p.177–189, 2005.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos físicos e químicos para análise de alimentos**. 3. ed. São Paulo, 1985. 533 p.

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

JIANG, Y.M.; LIU, S.X.; LI, Y.B.; CHEN, F. A reassessment of heat treatment as a means of reducing the occurrence of browning of litchi (*Litchi chinensis* Sonn.) fruit. **Inter. J. Trop. Agric.**, 14, 163–167, 1996.

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

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** n. 63, p. 147–151, 2004.

JOHNSTON, J. C.; WELCH, R. C.; HUNTER, G. L. K. Volatile constituents of litchi (*Litchi chinensis* Sonn.). **Journal Agriculture of Food Chemistry**, v.28, p.859-861, 1980.

KADER, A. A. **Lychee: Recommendations for Maintaining Postharvest Quality**. University of California, Postharvest Technology Research & Information Center, 2004. <http://rics.ucdavis.edu/postharvest2/Produce/ProduceFacts/Fruit/lychee.shtml> (28 jun. 2008).

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

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

KIDMOSE, U.; MARTENS, H. J.; Changes in texture, microstructure and nutritional quality of carrot slices during blanching and freezing. **Journal of Science Food and Agriculture**, London, v. 79, p. 1747-1753, 1999.

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

- LEHNINGER, A.L.; NELSON, D.L.; COX, M.M. **Princípios de Bioquímica**. 2ª ed. São Paulo: Sarvier, 1995, 839p.
- 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 Biol. Technol.**, 18, 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**, v.56, n.1, p.21-25, 1999.
- LIN, Z. *et al.* The changes of pigments, phenolic content and activities of polyphenol oxidase and phenylalanine ammonia-lyase in pericarp of postharvest litchi fruit. **Acta Botanica Sinica**, v.30, n.1, p.40-45, 1988.
- LURIE, S. Postharvest heat treatments of horticultural crops. **Hortic. Rev.** 22, p. 91–121, 1998.
- MAHAJAN, P. V.; GOSWAMI, T. K. Extended storage life of litchi fruit using controlled atmosphere and low temperature. **Journal of Food Processing and Preservation** n. 28 p. 388–403, 2004.
- MANZOCCO, L.; CALLIGARIS, S.; MASTROCOLA, D.; NICOLI, M. C.; LERICI, C. R. Microstructure and nutritional. **Trends in Food Science and Technology**, Cambridge, v. 11, n. 9-10, p. 340-346, 2000.
- MAPA. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Método de Tillmans modificado. Acesso: <http://www.agricultura.gov.br> , em 23/07/2008.
- MARSHALL, M; KIM, J.; WEI, C. **Enzymatic Browning in Fruits, Vegetables and Seafoods**, 2000. Disponível em <http://www.fao.org/ag/ags/agsi/ENZYMFINALEnzymatic%20Browning.html>. Acesso em dez. 2008.
- MENZEL, C. M.; SIMPSON, D.R Lychee. In: SCHAFFER, B.; ANDERSEN, P. C. **Handbook of environment physiology of fruit crops**, Florida, vol. 2, p. 123-145, 1994.
- MENZEL, C. **The lychee crop in Ásia and the Pacific**. Bangkok, Thailand: Food and Agriculture Organization of the United Nations, Regional Office for Asia and the Pacific, 2002.
- MUGNOL, M. M. **Conservação pós colheita de banana “Nanicão” com utilização de filmes plásticos e cera, associados à refrigeração e KMnO₄**. 1994. 92 f. Dissertação

(Mestrado em Agronomia)–Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, SP.

NACIF, S.R. **Aspectos anatômicos e fisiológicos do desenvolvimento do fruto de *Litchi chinensis* Sonn. cv. Brewster (lichia – SAPINDACEAE)**. 1997. 89 f. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas)– Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, SP: UNESP, 1997.

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

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

NELSON, N. Aphotometric adaptation of somogi method for determination of glucose. **Journal Biological Chemistry**, Baltimore, v. 153, p. 375-380, 1944.

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

OLESEN, T.; WILTSHIRE, N. Post-harvest results from the 1999/2000 lychee season. **Living Lychee**, v.23, p.16-22, 2000.

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

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**, 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**, v.109, n.6, p.817-821, 1984.

PAULL, R.E., CHEN, N.J., Heat treatment and fruit ripening. **Postharvest Biol. Technol.** v. 21, p. 21–38, 2000.

PAULL R. E.; REYES M. E. Q.; REYES, M. U.Litchi and rambutan insect desinfestation: treatments to minimize induced pericarp browning. **Postharvest Biology and Technology**, n.6, p.139-148, 1995

- PEREIRA, L.S.; MITRA, S.K. Studies on fruit growth and development of litchi cultivars Bombai, China, Deshi and Early Large Red. **Horticultural Journal**, Mohanpu, v.17, n.2 p.115-124, 2004.
- PRASAD, U. S.; JHA, O. P. Variations in the level of oxygen uptake, fructose, and pyruvate in fruit aril of Litchi chinensis Sonn. During maturation and ripening. **Indian Journal of Plant Physiology**, v.22, n.1, p.163-165, 1979.
- RAYS, P. K. Post-harvest handling of litchi fruits in relation to colour retention – a critical appraisal. **Journal of Food Science and Tecnology**, v.35, p.103-116, 1998.
- RIVERA-LOPES, J.; ORDORICO-FALOMIR, C.; WESCHE-EBELING, P. Changes in anthocyanin concentration in lychee (Litchi chinensis Sonn.) pericarp during maturation. **Food Chemistry**, v.65, n.1, p.195-200, 1999.
- SAENGNIL, K.; LUEANGPRASERT, K.; UTHAIBUTRA, J. Control of enzymatic browning of harvested 'Hong Huay' litchi fruit with hot water and oxalic acid dips **ScienceAsia**, 32, p. 345-350. 2006.
- SANTOS, A. F. dos; SILVA, S. M.; ALVES, R. E. Armazenamento de pitanga sob atmosfera modificada e refrigeração: I-transformações químicas em pós-colheita. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 28, n. 1, 2006 . Disponível em:<http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-29452006000100013&lng=pt&nrm=iso>. Acesso em: 05 ago 2008.
- 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**, n.269, p.185-189, 1992.
- SCOTT, K. J. *et al.* The control of rotting and browning of litchi fruit by hot benomyl and plastic film. **Scientia Horticulturae**, v.16, p.253-262, 1982.
- SEVERINI, C.; PILLI, T. de; BAIANO, A.; MASTROCOLA, D.; MASSINI, R. Preventing enzymatic browning of potato by microwave blanching. **Sciences des Aliments**, Paris, v. 21, p. 149-160, 2001.
- SEVERINI, C.; BAIANO, A.; DE PILLI, T.; ROMANIELLO, R. DEROSI, A. Prevention of enzymatic browning in sliced potatoes by blanching in boiling saline solutions. **LWT - Food Science and Technology**, Amsterdam, v.36, p. 657-665, 2003.

- SHIRRA, M., D'HALLEWIN, G., BEN-YEHOSHUA, S., FALLIK, E. Host-pathogen interactions modulated by heat treatment. **Postharvest Biol. Technol.** V. 21,p. 71–85, 2000.
- SIGRIST J. M. M.; BLEINROTH E. W.; MORETTI C. L. 2002. Manuseio **pós-colheita de frutas e hortaliças**. Embrapa Hortaliças (Brasília, DF): Embrapa Informações Tecnológicas, capítulo 5.
- SILVA, P. M. *et al.* **Produção integrada de frutas – PIF**. Fortaleza: Instituto Frutal, 2004. 105 p.
- SOUSA J. P.; PRAÇA E. F.; ALVES R. E.; NETO B.; DANTAS F. F. Influência do armazenamento refrigerado em associação com atmosfera modificada por filmes plásticos na qualidade de mangas 'Tommy Atkins'. **Revista Brasileira de Fruticultura** 24, p. 665-668, 2002.
- SWARTS, D.H., ANDERSON, T., Chemical control of mould growth on litchis during storage and sea shipment. **Subtropica**,v. 1, n.10, p. 13-15, 1980.
- TAYLOR, J. E. Exotics. In: SEYMOUR, G. B.; TAYLOR, J. E.; TUCKER, G. A. **Biochemistry of fruit ripening**. Cambridge: Chapman e Hall, p.151-187, 1993.
- TRESSLER, D. K.; JOSLYN, M. A. **Fruits and vegetables juice processing technogy**. Westport: Avi, 1961. 1028 p.
- UNDERHILL, S.J.R.,. Lychee (*Litchi chinensis* Sonn.) pericarp browning. **Trop. Sci.**, 32(3): 305-312, 1992.
- UNDERHILL, S. J. R.; CRITCHLEY, C. Physiological, biochemical and anatomical changes in lychee (*Litchi chinensis* Soon.) pericarp during storage. **J. Hort. Sci** v.68, p.327-335, 1993.
- UNDERHILL S.J.R., CRITCHLEY, C. Cellular localisation of polyphenol oxidase and peroxidase activity in *Litchi chinensis* Sonn. pericarp. **Aust. J. Plant Physiol.**, 22: 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.
- WALL, M. M Ascorbic acid and mineral composition of longan (*Dimocarpus longan*), lychee (*Litchi chinensis*) and rambutan (*Nephelium lappaceum*) cultivars grown in Hawaii **Journal of Food Composition and Analysis** n.19 p. 655–663, 2006.

- WARA-ASWAPATI, O.; SORNSRIVICHAI, J.; UTHAIBURRA, J., OOGAKI, C. Effect of seal packaging by different plastic films on storage life and quality of litchi (*Litchi chinensis* Sonn.) fruits stored at three different temperatures. **Japanese Journal of Tropical Agriculture**, v.34, p.68-77, 1990.
- WHITAKER, J. R.; CHANG, L. Y. Recent advances in chemistry of enzymatic browning. In: SYMPOSIUM ENZYMATIC BROWNING AND ITS PREVENTION; NATIONAL MEETING OF THE AMERICAN CHEMICAL SOCIETY, 208., 1994, Washington. **Proceedings** Washington: [s.n.], 1994. p. 2-7.
- WHITAKER, J.R. Polyphenol oxidase. In: FENNEMA, O. R. (Ed.) **Principles of Enzymology for the Food Sciences**. New York : Marcel Dekker Inc, 1994. p. 543-556.
- WILLS, R.H., *et al.* **Post harvest**: an introduction to the physiology and handling of fruit and vegetables. London: Granada, 1981. 162 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**, v.46, p.245-251, 1991.
- YAMASHITA F; TONZAR AC; FERNANDES JG; MORIYA S; BENASSI, MT.. Embalagem individual de mangas cv. Tommy Atkins em filme plástico: efeito sobre a vida de prateleira. **Revista Brasileira de Fruticultura** 23: 288-292, 2001.
- ZHANG Z.; PANG X.; XUEWU D.; JI Z.; JIANG Y. Role of peroxidase in anthocyanin degradation in litchi fruit pericarp. **Food Chemistry**, 90, 47–52, 2005.
- ZAUBERMAN, G. *et al.* Post-harvest retention of red colour of litchi fruit pericarp. **Sci. Hort.** v.47 , p.89–97, 1991.
- ZHENG, X; TIAN, S **Effect of oxalic acid on control of postharvest browning of litchi fruit** **Food Chemistry**, n.96, p.519–523, 2006.

ANEXO

Modelo da ficha de avaliação subjetiva de qualidade dada aos provadores

Nome: _____ Dia de análise: _____

NOTAS**9 = frutos de lichia com aspecto de frescor e ausência de escurecimento****7 = frutos de lichia com aspecto de frescor e leve escurecimento****5 = frutos de lichia com pouco aspecto de frescor e moderado escurecimento****3 = frutos de lichia sem aspecto de frescor e elevado escurecimento****1 = frutos de lichia totalmente desidratados e escurecidos****AMOSTRAS**

1- _____

4- _____

2- _____

5- _____

3- _____

6- _____