

USO DE TRATAMENTO HIDROTÉRMICO E ÁCIDO CLORÍDRICO NA QUALIDADE DE LICHIA ‘BENGAL’¹

ELLEN TOEWS DOLL HOJO², JOSÉ FERNANDO DURIGAN³, RONALDO HISSAYUKI HOJO², JULIANA RODRIGUES DONADON², RAMILO NOGUEIRA MARTINS²

RESUMO - Um dos maiores problemas na pós-colheita da lichia é o escurecimento do pericarpo, cuja cor vermelha se torna totalmente escurecida em 48 horas, sob 25 °C. Tecnologias que possam controlar o escurecimento do pericarpo são valiosas, e é o foco principal da pesquisa na área de pós-colheita. O objetivo deste trabalho foi avaliar a vida útil de lichias ‘Bengal’, armazenadas a 20 °C e 82 %UR após o tratamento hidrotérmico e/ou imersão em solução de HCl. O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado, em esquema fatorial 4 x 7, com 3 repetições, onde o primeiro fator correspondeu aos tratamentos: testemunha; imersão em HCl a 1%, por 6 minutos; tratamento hidrotérmico, com imersão em água a 52 °C por 1 minuto, seguido de resfriamento em água a 10 °C, por 6 minutos; e tratamento hidrotérmico, seguido de resfriamento em HCl a 1%, a 10 °C, por 6 minutos. O segundo fator foram os períodos de armazenamento: 0; 1; 2; 3; 6; 9 e 12 dias. A combinação entre tratamento hidrotérmico (52 °C por 1 minuto) e resfriamento em HCl a 1% permite conservar a coloração das lichias ‘Bengal’ por até dois dias. Mesmo assim há escurecimento em 25% da superfície.

Termos para indexação: *Litchi chinensis*, escurecimento do pericarpo, antocianina, peroxidase, polifenoloxidase.

USE OF HYDROTHERMAL AND ACID TREATMENT IN THE QUALITY OF ‘BENGAL’ LITCHI

ABSTRACT – One of the biggest problems in postharvest litchi is the pericarp browning, the color red becomes totally dark in 48 hours at 25 °C. Technologies that can control the browning of the pericarp are valuable, and it is the main focus of research in the post-harvest. The aim of this study was to evaluate the shelf life of ‘Bengal’ litchi, stored at 20 °C and 82% RH after the hydrothermal treatment and/or immersion in HCl solution. The experimental design was completely randomized in a 4 x 7, with three replications, where the first factor was the treatment: control, immersion in HCl 1%, for 6 minutes; hydrothermal treatment, soaking in water at 52 °C for 1 minutes, followed by immersion in water at 10 °C for 6 minutes, and hydrothermal treatment and subsequent cooling in 1% HCl, 10 °C for 6 minutes. The second factor was the storage periods: 0, 1, 2, 3, 6, 9 and 12 days. The combination of hydrothermal treatment (52 °C for 1 min) and cooling in HCl 1% allowed retaining the color of ‘Bengal’ litchi for up to two days. Yet there are browning in 25% of the surface.

Index terms: *Litchi chinensis*, pericarp browning, anthocyanins, peroxidase, polyphenol oxidase.

INTRODUÇÃO

Um dos maiores problemas da lichia, na sua pós-colheita, é o escurecimento do pericarpo, cuja cor vermelha se torna totalmente escurecida em 48 horas, sob 25 °C. Este escurecimento tem sido parcialmente atribuído à degradação da antocianina, por enzimas oxidativas, tais como a polifenoloxidase (PPO), peroxidase (POD) e ácido ascórbico oxidase (UNDERHILL, 1992). Este escurecimento também

pode estar relacionado com o ataque de patógenos, dessecação do pericarpo e outros fatores ainda não conhecidos, como a colheita em épocas com temperaturas mais altas e o aumento do pH da seiva da casca (HOLCROFT; MITCHAM, 1996). Relata-se, também, que o escurecimento da casca é devido ao colapso celular, o que permite o contato das enzimas com seus substratos, resultando em oxidação dos substratos na presença de oxigênio e a produção de substâncias com coloração escura (LICHTER et al.,

¹(Trabalho 092-10). Recebido em: 26-04-2010. Aceito para publicação em: 19-01-2011. Parte de tese de Doutorado em Agronomia do primeiro autor, apresentado ao Departamento de Produção Vegetal - FCAV -UNESP Jaboticabal.

²Engenheiros Agrônomo, doutorandos em Produção Vegetal da FCAV/UNESP - Jaboticabal. Via de Acesso Prof. Paulo Donato Castellane, s/n, 14884-900, Jaboticabal - SP. E-mail: ellendollhojo@yahoo.com.br; ronaldo.hojo@yahoo.com.br; julianadonadon@yahoo.com.br; ramilomartins@yahoo.com.br

³Professor Titular do Departamento de Tecnologia FCAV/UNESP - Jaboticabal. E-mail: jfduri@fcav.unesp.br

2000). Por esta razão, retardar ou reduzir a oxidação enzimática é um importante método para aumentar o período de armazenamento e preservar a qualidade comercial de lichias.

A fumigação com dióxido de enxofre tem sido o tratamento mais usado para prevenir este escurecimento (UNDERHILL et al., 1997), mas tem sido evitado, pois deixa resíduos indesejáveis, altera o sabor do fruto e resulta em riscos à saúde dos consumidores e aos trabalhadores das casas de embalagens. A Europa, Austrália e Japão permitem um resíduo máximo de 10 ppm e, nos Estados Unidos da América, ele só está registrado para uso na pós-colheita de uva.

Um tratamento alternativo ao enxofre é o uso de ácidos, dado seu efeito na estabilidade da cor de antocianinas e na atividade de oxidases. Dentre eles, o ácido clorídrico é o mais usado, principalmente em associação com fumigação por enxofre (ZAU-BERMAN et al., 1991; JIANG et al., 2004). Outra técnica utilizada é a aplicação de calor por tratamento hidrotérmico (LICHTER et al., 2000), que apresenta como principais vantagens a relativa facilidade de utilização, tratamento em um curto espaço de tempo, livre de resíduos, reduzindo assim a atividade da polifenoloxidase e também a concentração de SO_2 aplicada sobre os frutos.

Outros tratamentos também têm sido sugeridos para reduzir este escurecimento, principalmente com o uso de ácido ascórbico ou cítrico, quitosana, lecitina, ceras e acondicionamento em embalagens plásticas (JIANG; FU, 1999; SIVAKUMAR; KORS-TEN, 2006).

O objetivo deste trabalho foi avaliar a vida útil de lichias 'Bengal', armazenadas a 20 °C e 82 %UR após o tratamento hidrotérmico e/ou imersão em solução de HCl.

MATERIAL E MÉTODOS

Utilizaram-se frutos de lichia (*Litchi chinensis* Sonn.) variedade Bengal, colhidos maduros, casca completamente avermelhada. Depois de pré-selecionados, foram acondicionados em caixas plásticas forradas com plástico-bolha e cuidadosamente transportados até o Laboratório de Tecnologia dos Produtos Agrícolas do Departamento de Tecnologia, da FCAV-UNESP, em até 2 horas. Os frutos foram selecionados e padronizados quanto ao tamanho, cor e ausência de injúrias, antes de receberem o tratamento de desinfestação, ou seja, imersão por 5 minutos em água clorada (200 mg.L⁻¹ de hipoclorito de sódio), e deixados escorrer por 3 minutos.

Três amostras, com 7 frutos cada, foram

avaliadas, antes da aplicação dos tratamentos, a fim de caracterizar os frutos no dia da colheita. Os frutos apresentaram peso médio de 13,9±0,7 g; sólidos solúveis de 19,0±0,5 °Brix, acidez de 1,5±0,2 g ác. málico 100g⁻¹, 57,7±6,9 mg 100g⁻¹ de ácido ascórbico e pH = 3,2±0,2; aparência = 5,0; 63,9±8,0 mg 100g⁻¹ de antocianina e atividade de 4,5±1,1 μmol de fenol min⁻¹ g⁻¹ para a polifenoloxidase e 4,4±0,8 nmol de H₂O₂ min⁻¹ g⁻¹ para a peroxidase.

Utilizou-se delineamento estatístico inteiramente casualizado, disposto em esquema fatorial 4 x 7, com 3 repetições, onde o primeiro fator correspondeu aos tratamentos: Testemunha (sem tratamento); Imersão em HCl a 1%, por 6 minutos; Tratamento hidrotérmico, por imersão em água a 52 °C por 1 minuto, seguido de resfriamento em água a 10 °C, por 6 minutos; e Tratamento hidrotérmico, seguido de resfriamento em HCl a 1%, a 10 °C, por 6 minutos. O segundo fator foram os períodos de armazenamento: 0; 1; 2; 3; 6; 9 e 12 dias. Cada parcela foi composta por 7 frutos, mantidos em embalagem rígida de poliestireno (2,5cm x 22,4cm x 14,8cm), que foram armazenadas a 20 °C±0,7 °C e 82 %UR

As amostras foram analisadas quanto aos seguintes parâmetros: perda de massa fresca (%), calculada pela diferença entre a massa inicial dos frutos e a obtida em cada tempo da amostragem, utilizando-se de balança semianalítica; aparência das frutas, que foi avaliada visualmente, usando-se uma escala de notas, em que, 5=vermelho-brilhante; 4=25% da casca escurecida; 3=50% da casca escurecida; 2=75% da casca escurecida; e 1=totalmente escurecida. Na polpa, foram determinados os teores de sólidos solúveis (°Brix), usando-se refratômetro digital ATAGO PR-100 (AOAC, 1997, proc. 920.151); acidez titulável (g de ácido málico 100g⁻¹), por titulação com NaOH a 0,1M, tendo como indicador fenolftaleína (AOAC, 1997, proc. 932-12); ácido ascórbico (mg 100g⁻¹), usando-se 2,6 diclorofenolindofenol de sódio a 0,1% para titular o extrato obtido da polpa com ácido oxálico a 0,5%, a 5 °C (RANGANNA, 1977); SS/AT, calculada pela relação entre os teores de sólidos solúveis e de acidez titulável. Na casca, determinou-se o teor de antocianina (mg 100g⁻¹), utilizando-se do método que tem como extrator uma mistura de etanol a 95% e HCl a 1,5M (15:85, v:v) e determinação colorimétrica (FRANCIS, 1982). A atividade da peroxidase (μmol de H₂O₂ consumido min⁻¹ g⁻¹) e da polifenoloxidase (μmol de fenol consumido min⁻¹ g⁻¹) foi determinada na casca e na polpa dos frutos, utilizando-se de sobrenadante de amostras homogeneizadas em tampão fosfato de potássio a 0,2M, pH 6,7, e centrifugadas a 11655xg, por 10 minutos, a 4 °C. A atividade da peroxidase

foi determinada pelo método de Allain et al. (1974), com utilização de H_2O_2 como substrato e leitura espectrofotométrica a 505 nm, e a da polifenoloxidase pelo mesmo método, com utilização de fenol como substrato e leitura a 420 nm. A atividade respiratória dos frutos, expressa em mL de CO_2 $kg^{-1} h^{-1}$, foi determinada em cromatógrafo Finningan, modelo 9001 (Finningan Corporation, San Jose, EUA), equipado com coluna de aço inox preenchida com Porapak-N e peneira molecular (5A), detectores de condutividade térmica (150 °C) e de ionização de chama (150 °C), e que usa nitrogênio como gás de arraste (30 mL min^{-1}). A amostra contendo 7 frutos foi mantida em frasco hermético (2.000 mL) por 80 minutos. Amostras com 0,3 mL da atmosfera deste ambiente foram tomadas no início e após o tempo de contenção no ambiente hermético. Os teores de O_2 e CO_2 foram calculados usando-se o “software” Borwin (Borwin version 1.20, JMBS Developpements, Le Fontanil, França).

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

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A perda de massa aumentou linearmente durante o período de armazenamento, independentemente dos tratamentos, de 7,0%, em 1 dia, para 28,6%, após 12 dias (Figura 1A). Maiores perdas de massa significam também maior escurecimento da casca, resultado indesejável para comercialização destes frutos, apresentado aos 3 dias de armazenamento. Chen et al. (2001) relatam que a perda de massa superior a 18,21% é suficiente para causar escurecimento total do pericarpo de lichias, enquanto Bryant (2004) considera que uma perda de 3-5% pode causar este efeito.

Observa-se redução intensa na atividade respiratória, no segundo dia de armazenamento, a partir do qual se manteve praticamente inalterada, apresentando assim um padrão não climatérico (Figura 1B). Este comportamento também foi observado por Paull e Chen (1987) ao armazenarem lichias ‘Chen Zi’ a 22 °C.

Os frutos que receberam o tratamento hidrotérmico ou com HCl apresentaram, no 1º dia, atividade respiratória mais intensa, 73,03 mL de CO_2 $kg^{-1} h^{-1}$ e 85,61 mL de CO_2 $kg^{-1} h^{-1}$, respectivamente, quando comparada com a dos frutos Testemunha, 58,71 mL de CO_2 $kg^{-1} h^{-1}$, ou a dos que receberam o

tratamento hidrotérmico seguido de resfriamento em HCl, 59,88 mL de CO_2 $kg^{-1} h^{-1}$. Isto, provavelmente, foi devido ao estresse sofrido pelos frutos na colheita e tratamento.

Observou-se, em todos os tratamentos, que o teor de sólidos solúveis (SS) aumentou linearmente durante o período de armazenamento (Figura 1C) como efeito da perda de massa, enquanto o de acidez titulável (AT) diminuiu (Figura 1D). Jiang et al. (2004) também relataram diminuição nos valores de acidez titulável, de 0,61% a 0,58%, em lichias tratadas com HCl a 1% e de 0,69% a 0,61% em frutos não tratados, após 12 dias de armazenamento. Esta redução indica que os ácidos orgânicos devem ter sido utilizados como substratos respiratórios e como esqueletos de carbono para a síntese de novos compostos (CHITARRA; CHITARRA, 2005). Comportamento semelhante também foi verificado em lichias ‘Groff’ por Holcroft e Mitcham (1996), em ‘Brewster’ por Rivera-López et al. (1999) e em ‘Huaizhi’ por Jiang et al. (2004).

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

Observou-se interação significativa entre os tratamentos e o tempo de armazenamento na relação entre os teores de sólidos solúveis e de acidez titulável (SS/AT), que aumentou durante o período de armazenamento (Figura 1E).

Os teores de ácido ascórbico na polpa dos frutos tratados com HCl a 1%, por 6 minutos, apresentaram-se menores que nos frutos submetidos aos outros tratamentos (Figura 1F), o que pode ser resultado de oxidações dos ácidos orgânicos durante o armazenamento, e não foi observado por Jiang et al. (2004) em lichias ‘Huaizhi’. Foyer et al. (1994) explicaram que, durante a senescência, o ácido ascórbico do fruto é utilizado em reações oxidativas, que são ativadas pelos estresses sofridos pelas membranas celulares durante este período.

A avaliação subjetiva da aparência indica que, nos frutos tratados com HCl, a conservação da aparência foi melhor, principalmente naqueles frutos que foram resfriados em HCl a 1%, após o tratamento hidrotérmico (Hidro + HCl), em que a manutenção da nota 4 ou até 25% de escurecimento foi de 2 dias, e a nota 3 ou 50% de escurecimento foi de até 4 dias (Figura 2A). Este efeito também foi relatado por Huang e Scott (1985), que trabalharam com lichias ‘Sui Dong’, armazenadas a 28-31 °C e 90-95% de UR. Souza et al. (2010), estudando lichias ‘Bengal’ submetidas a tratamento hidrotérmico, concluíram

que os melhores tratamentos para a manutenção da aparência dos frutos foram os de 5 e 10 minutos de imersão em água a 45°C. Os tratamentos que foram submetidos por 15; 20 e 25 minutos apresentaram diminuição significativa nos valores deste parâmetro.

Lichter et al. (2000), no entanto, ao armazenarem lichias 'Mauritius' por 3 semanas, a 1,5 °C e 3 dias a 20 °C, após pulverização com água quente (55 °C por 20 segundos), seguido de tratamento com ácido clorídrico (4% por 15-30 minutos), relataram que a cor vermelha manteve-se por até 35 dias, mas sem que a ocorrência de manchas marrons e rachaduras na casca, que não comprometia a qualidade interna ou o sabor, fosse considerada.

Os resultados apresentados na Figura 2B indicam que houve redução significativa no teor de antocianina da casca dos frutos, submetidos aos diferentes tratamentos, durante o armazenamento. A melhor conservação deste pigmento foi naqueles frutos que receberam o tratamento hidrotérmico, com resfriamento em HCl, seguido dos tratados com HCl. A manutenção dos teores mais elevados de antocianinas na casca é resultado de sua degradação menos intensa e tem relação direta com a preservação da aparência, pois o escurecimento tem sido atribuído à degradação deste pigmento pela ação de enzimas oxidativas, polifenoloxidase, peroxidase e ácido ascórbico oxidase (UNDERHILL, 1992). No entanto, Lee e Wicker (1991) não observaram relação entre os teores de antocianinas e a cor vermelha do pericarpo de lichias.

Em lichias 'Wai Chee' tratadas com HCl a 1M, por 2 minutos, e armazenadas a 25 °C e 60%UR, Underhill e Critchley (1994) também observaram redução no teor de antocianina, sem que houvesse relação entre esta taxa de redução e a perda de massa. Quando armazenaram lichias 'Bengal' a 25 °C e 60%UR estes autores também relataram decréscimo no teor de antocianina, mas relacionaram esta degradação com a perda de umidade e o desenvolvimento de escurecimento no pericarpo (UNDERHILL; CRITCHLEY, 1993), o que foi reafirmado por Zhang et al. (2001), ao armazenarem lichias 'Huaizhi' a 30 °C e 70 %UR e também foi o observado neste trabalho (Figuras 1A e 2B).

Os resultados obtidos neste trabalho parecem indicar que a atividade da polifenoloxidase (PPO) na casca das lichias submetidas aos diferentes tratamentos e armazenadas a 20 °C e 82 %UR aumentou em todos os tratamentos até o 3º- 4º dias, seguidos de estabilização (Figura 2C). A atividade desta enzima foi maior nos frutos Testemunha, com aumento de 6,31 para 10,88 μmol de fenol consumido $\text{min}^{-1} \text{g}^{-1}$, enquanto no tratamento com

imersão em HCl aumentou de 4,50 para 7,88 μmol de fenol consumido $\text{min}^{-1} \text{g}^{-1}$, no Hidrotérmico, de 4,08 para 8,25 μmol de fenol consumido $\text{min}^{-1} \text{g}^{-1}$, e no Hidrotérmico seguido de resfriamento em HCl, de 3,55 para 7,45 μmol de fenol consumido $\text{min}^{-1} \text{g}^{-1}$. Aumento semelhante, durante os primeiros dois dias de armazenamento, também foi relatado por Lin et al. (1988), enquanto Underhill e Critchley (1993 e 1994), Lichter et al. (2000) e Souza et al. (2010) relataram redução progressiva nesta atividade. Zauberman et al. (1991) não encontraram mudanças significativas na atividade da PPO em lichias 'Mauritius' durante este período. Estes resultados discordantes podem ser devidos a diferenças entre as metodologias utilizadas e/ou cultivares estudadas.

A atividade da peroxidase (POD) na casca dos frutos do tratamento-testemunha foi reduzida, enquanto nos tratados a POD aumentou até o 6º dia (Figura 2D). Nos tratados hidrotérmicamente, resfriados ou não em HCl, este aumento foi bastante reduzido, apesar da possibilidade de regeneração parcial da atividade da peroxidase após o tratamento hidrotérmico (KHAN; ROBINSON, 1993).

Observou-se, também, que a atividade da polifenoloxidase e da peroxidase na casca dos frutos submetidos ao tratamento hidrotérmico, seguido de resfriamento em HCl a 1% (Hidro + HCl), foi a mais reduzida, indicando que o tratamento utilizado impediu a degradação da antocianina, o que vem ao encontro dos teores de antocianina e das notas obtidas para a aparência. Outros autores também observaram que a inibição na atividade da PPO e da POD retardou o escurecimento do pericarpo em lichias (JIANG; FU, 1999; JIANG et al., 2004; SOUZA et al., 2009; SAAVEDRA DELL AGUILLA et al., 2009) e que há correlação positiva entre a atividade da POD (UNDERHILL ; CRITCHLEY, 1994) e da PPO (JIANG, 2000) com o escurecimento celular.

Segundo Mizobutsi et al. (2010), a cor vermelha da casca de lichias pode ser preservada se reduzir a atividade da peroxidase e da polifenoloxidase, o que pode ser conseguido com a imersão dos frutos em soluções ácidas ou alcalinas. Resultados semelhante foram encontrados por Silva et al. (2010) em lichias 'Bengal' armazenadas a 5 °C \pm 1,2 °C e 90 %UR por 12 dias, tratadas com 15Mm e 30mM de ácido ascórbico; entretanto, observou-se escurecimento a partir do quarto dia no pericarpo dos frutos tratados com este ácido.

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

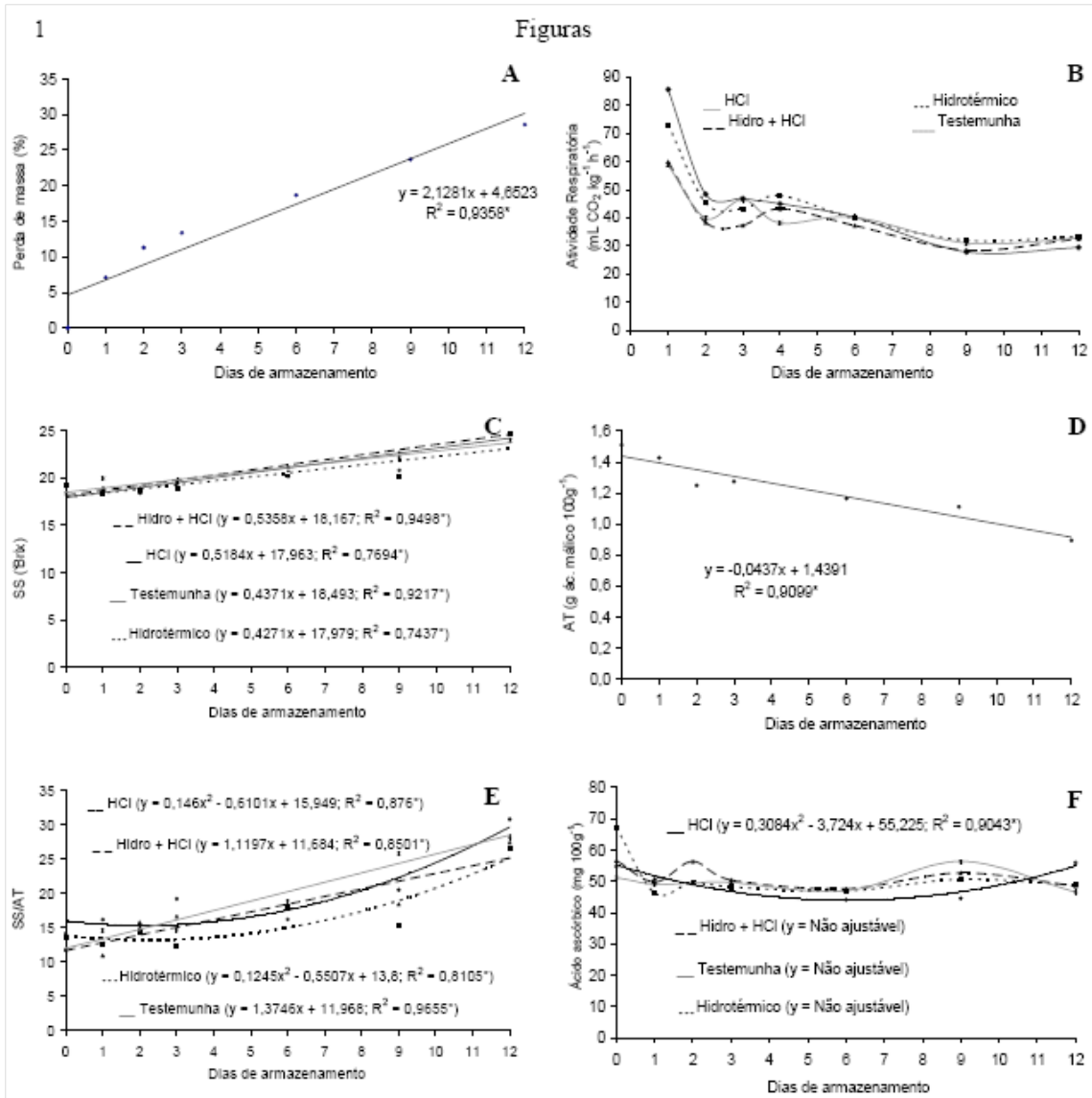


FIGURA 1 – Perda de massa (A), atividade respiratória (B), teores de sólidos solúveis - SS (C), acidez titulável - AT (D), SS/AT (E) e ácido ascórbico (F) da polpa em lichias ‘Bengal’ submetidas a tratamento hidrotérmico, associado ou não com imersão em HCl a 1%, e armazenadas a 20 °C e 82 %UR.

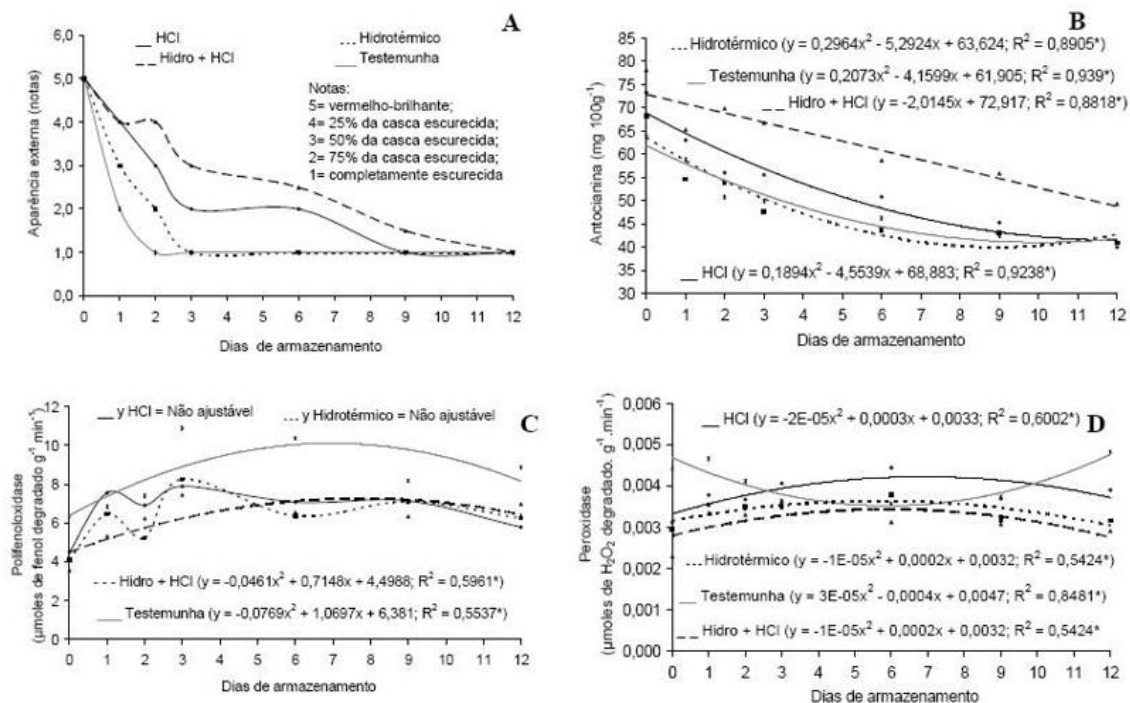


FIGURA 2 – Aparência dos frutos (A), teor de antocianina (B), atividade da polifenoloxidase (C) e da peroxidase (D) na casca de lichias ‘Bengal’ submetidas a tratamento hidrotérmico, associado ou não com imersão em HCl a 1%, e armazenadas a 20 °C e 82 %UR.

CONCLUSÕES

A combinação entre tratamento hidrotérmico (52 °C por 1 minuto) e resfriamento em HCl a 1% permite conservar a coloração das lichias ‘Bengal’ por até dois dias. Mesmo assim, há escurecimento em 25% da superfície.

AGRADECIMENTOS

À FAPESP (Processo 07/57351-9) e ao CNPq, pela concessão de bolsa de doutorado.

REFERÊNCIAS

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

A.O.A.C. **Official methods of analysis**. Arlinton: Patrícia Cuniff, 1997. p.37-10, 42-2, 44-3, 45-16.

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

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

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

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

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

- HOLCROFT, D. M.; MITCHAM, E. J. Review: postharvest physiology and handling of litchi (*Litchi chinensis* Sonn.). **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v.9, n.1, p.265-281, 1996.
- HUANG, P. Y.; SCOTT, K. J. Control of rotting and browning of litchi fruit after harvest at ambient temperatures in China. **Tropical Agriculture**, Trinidad, n. 1, v. 62, p. 1-4, 1985.
- JIANG, Y.; FU, J. Inhibition of polyphenol oxidase and browning control of litchi fruit by glutathione and citric acid. **Food Chemistry**, Oxford, v.62, n.1, p.49-52, 1999.
- JIANG, Y. M. Role of anthocyanins, polyphenol oxidase and phenol in lychee pericarp browning. **Journal of Science of Food and Agriculture**, Hoboken, v. 80, p. 305-310, 2000.
- JIANG, Y.; LI, Y.; LI, J. Browning control, shelf life extension and quality maintenance of frozen litchi fruit by hydrochloric acid. **Journal of Food Engineering**, Essex, v. 63, p.147-151, 2004.
- KHAN, A. A.; ROBINSON, D. S. The thermostability of purified mango isoperoxidases. **Food Chemistry**, Oxford, v. 47, n. 4, p. 53-59, 1993.
- LEE, H. S.; WICKER, L. Anthocyanin pigments in the skin of lychee fruit. **Journal of Food Science**, Chicago, v.56, p.466-468, 1991.
- LICHTER, A.; DVIR, O.; ROT, I.; AKERMAN, M.; REGEV, R.; WIESBLUM, A.; FALLIK, E.; ZAUBERMAN, G.; FUCHS, Y. Hot water brushing: an alternative method to SO₂ fumigation for color retention of litchi fruits. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 18, p.235-244, 2000.
- LIN, Z.; LI, S. S.; CHANG, D. L.; LIN, G. Z.; LI, Y. B.; LIU, S. X.; CHEN, M. D. The changes of pigments, phenolic content and activities of polyphenol oxidase and phenylalanine ammonia-lyase in pericarp of postharvest litchi fruit. **Acta Botanica Sinica**, Beijing, v.30, n.1, p.40-45, 1988.
- MIZOBUTSI, G. P.; FINGER, F. L.; RIBEIRO, R. A.; PUSCHMANN, R.; NEVES, L. L. de M.; MOTA, W. F. Effect of pH and temperature on peroxidase and polyphenoloxidase activities of litchi pericarp. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.67, n.2, p.213-217, 2010.
- PAULL, R. E.; CHEN, N. J. Effect of storage temperature and wrapping on quality characteristics of litchi fruit. **Scientia Horticulturae**, Netherlands, v. 33, n. 3-4, p. 223-236, 1987.
- PENG, Y. H.; CHENG, W. Effect of postharvest handling on fruit quality, mass loss and respiration rate of litchi. **Acta Horticulturae**, Amsterdam, n.558, p.359-365, 2001.
- RANGANNA, S. **Manual of analysis of fruit and vegetable products**. New Delhi: McGraw-Hill, 1977. 634p.
- RIVERA-LOPEZ, J.; ORDORICA-FALOMIR, C.; WESCHE-EBELING, P. Changes in anthocyanin concentration in Lychee (*Litchi chinensis* Sonn.) pericarp during maturation. **Food Chemistry**, Oxford, v.65, p.195-200, 1999.
- SAAVEDRA DEL AGUILA, J.; DELAGUILA, H., L. S.; SASAKI, F. F.; ORTEGA, E. M. M.; KLUGE, R. A. Efeito de antioxidante na taxa respiratória e na produção de etileno de lichia 'Bengal' armazenada sob refrigeração. **Revista Iberoamericana de Tecnologia Postcosecha**, Hermosillo, v. 10, n. 1, p. 8-13, 2009.
- SIVAKUMAR, D.; KORSTEN, L. Influence of modified atmosphere packaging and postharvest treatments on quality retention of litchi cv. Mauritius. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam v. 41, p.135-142, 2006.
- SILVA, D. F. P. DA; CABRINI, E. C.; ALVES, R. R.; SALOMÃO, L. C. C. Uso do ácido ascórbico no controle do escurecimento do pericarpo de lichia. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 32, n. 2, p. 1-7, 2010.
- SOUZA, A. V. DE; VIEITES, R. L.; KOHATSU, D. S.; LIMA, G. P. P. Manutenção da coloração da lichia frigorificada com a utilização de ácidos orgânicos. **Revista Iberoamericana de Tecnologia Postcosecha**, Hermosillo, v. 10, n. 1, p. 67-73, 2010.
- SOUZA, A. V. DE; VIEITES, R. L.; KOHATSU, D. S.; LIMA, G. P. P. Tratamento térmico na manutenção da coloração de lichias. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 32, n. 1, p. 67-73, 2010.
- UNDERHILL, S. J. R. Lychee (*Litchi chinensis* Sonn.) pericarp browning. **Tropical Science**, London, v.32, n.3, p.305-312, 1992.

UNDERHILL, S.J.R.; 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.

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

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

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

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