

Andreza Santos da Costa

Conservação pós-colheita, sintomas e respostas
fisiológicas da senescência e injúria por frio em
hastes florais de *Heliconia bihai* (L.)

Recife-PE
Fevereiro/2009

Andreza Santos da Costa

Conservação pós-colheita, sintomas e respostas
fisiológicas da senescência e injúria por frio em
hastes florais de *Heliconia bihai* (L.)

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Botânica, da Universidade Federal Rural de Pernambuco, como requisito para a obtenção do grau de Doutora em Botânica, área de concentração em Fisiologia e linha de pesquisa Fisiologia e Biotecnologia.

Orientadora:

Dra. Lilia Willadino

Conselheiros:

Dra. Vivian Loges

Dr. Fernando Luiz Finger

Recife-PE
Fevereiro/2009

FICHA CATALOGRÁFICA

C837a Costa, Andreza Santos da
Conservação pós-colheita, sintomas e respostas fisiológicas da senescência e injúria por frio em hastes florais de *Heliconia bihai* Andreza Santos da Costa. -- 2009.
83 f. : il.

Orientadora : Lilia Willadino
Tese (Doutorado em Botânica) – Universidade Federal Rural de Pernambuco. Departamento de Biologia.
Inclui anexo e bibliografia.

CDD 581.1

1. Pós-colheita
2. Colorimetria
3. Peroxidase
4. Senescência
5. Longevidade
6. Inflorescência
7. Helicônia
8. Flores tropicais
9. Teor de potássio
- I. Willadino, Lilia
- II. Título

Conservação pós-colheita, sintomas e respostas fisiológicas da senescência
e injúria por frio em hastes florais de *Heliconia bihai* (L.)

Andreza Santos da Costa

Tese defendida e aprovada pela Banca Examinadora em: ____/____/____

Orientadora: _____

Dra. Lilia Willadino
UFRPE

Examinadores:

Dra. Ana Cecília Ribeiro de Castro
EMBRAPA – CNPAT

Dra. Cláudia Ulisses Carvalho
UFRPE – UAG

Dra. Maria Herbênia Lima Cruz Santos
UNEB

Dra. Maria Inês Sucupira Maciel
UFRPE

Dra. Terezinha de Jesus Rangel Câmara
UFRPE

Recife - PE
Fevereiro - 2009

*A Luis Carlos Nogueira, meu esposo,
que é companheiro e amigo, e que
participou comigo, pacientemente, de todas
as etapas desta tese, dando suporte em tudo,
e me alegrando nos momentos difíceis,
sempre com bom humor e generosidade.*

OFEREÇO

*A Sandoval e Ana Jusiene, meus pais, pelo amor,
estímulo e compreensão em todos os momentos,
principalmente por entenderem a minha
ausência durante esses anos, e a meus irmãos e a
toda minha família pelo incentivo.*

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A Deus, por tudo que tem me concedido, pela providência e presença em todos os momentos da minha vida.

À Dra. Lilia Willadino, minha orientadora, pelo apoio, ensinamento, confiança e carinho dedicados a mim durante os momentos de dificuldade, inspirando-me tranquilidade necessária para continuar.

À Dra. Vivian Loges, minha co-orientadora, pela amizade e apoio, confiança, entrosamento, oportunidade, ensinamentos e pelo exemplo de dedicação e generosidade para com as pessoas.

À Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), pela oportunidade de realização do Curso de Doutorado.

Ao Programa de Pós-Graduação em Botânica (PPGB), da Universidade Federal Rural de Pernambuco, em especial à professora Dra. Cibele C. de Castro coordenadora, ao professor Dr. Ulysses P. Albuquerque e Dra. Ariadne do N. Moura (ex-coordenadores), pela atenção e gentileza com que me trataram.

À CAPES, pela bolsa que viabilizou os estudos e minha estada em Pernambuco.

À FACEPE- PROMATA, pelo financiamento do projeto por mim executado.

À empresa Atlantis, na pessoa de Eliane P. Bezerra, pela doação das hastes florais, pela gentileza, incentivo e presteza.

Ao SENAI, por ter cedido as câmaras frias para a execução do experimento.

Ao Mário Felipe A. de Castro, da Fazenda Bem-te-vi, pelo espaço para instalação das câmaras frias, ajuda nas correções da tese e pelo carinho da sua amizade.

Aos professores do Curso de Doutorado em Botânica (PPGB), pelos conhecimentos, entusiasmo e experiências transmitidas. Em especial à professora Ana Porto.

À equipe do Laboratório de Floricultura, Ana Maria S. Félix, André Luiz Verona, Cleucione de O. Pessoa, Cynara M. de Oliveira, Eliane Cristina Arcelino, Emerson G. F. Lins, Fábio Pedro Batista, Givison S. de Oliveira, Gustavo Jonnas S. de Moraes Bezerra, Francisco Herverton A. Rocha, Kessyana P. Leite, Rafael José Gomes, Ricardo de M. Motta e Vânia Maria Barbosa, pela ajuda com os experimentos e pelos momentos divertidos que tornaram o trabalho mais prazeroso.

Ao pesquisador Venézio F. dos Santos (IPA), pelos cálculos estatísticos, gentileza e paciência em esclarecer minhas dúvidas.

À equipe do Laboratório de Cultura de Tecidos Vegetais, por estarem sempre dispostos a me ajudar.

À equipe do Laboratório de Química Agrícola, em especial ao professor Dr. Egídio Bezerra Neto, pela atenção e gentileza, ao aluno André B. da Silva e demais membros da equipe desse laboratório, pela ajuda com as análises bioquímicas.

À equipe do Laboratório de Química do Solo, por permitirem o uso de equipamentos e viabilizarem as análises.

À equipe do Laboratório de Fisiologia Vegetal, na pessoa da professora Rejane Jurema M. C. Nogueira e Manoel Bandeira, por disponibilizarem os equipamentos.

À Walma Nogueira R. Guimarães, minha grande amiga, pelo carinho da sua amizade, que me ajudou a suportar os momentos difíceis, por ser tão presente e alegre, tornando mais leve os dias de busca por esse objetivo.

À Ana Cecília R. de Castro, pelo carinho da sua amizade, por todos os momentos divertidos, por me ajudar muito com seu incentivo e tranquilidade, pela convivência agradável durante todo o tempo de trabalhos na pós-graduação.

À Marta R. Barbosa, pela atenção, prestatividade e ajuda nas análises colorimétricas e à Francisco Wellington de O. Carneiro, pela simpatia, presteza e ajuda com as análises bioquímicas.

À minha grande amiga, Leyla Menezes de Santana, pela companhia carinhosa e prestativa, sempre motivo de muita alegria.

Aos funcionários do PPGb, na pessoa de Margarida Clara da Silva e Sr. Manasés Araújo da Silva, pela gentileza com que sempre esclareceram minhas dúvidas e me atenderam na secretaria.

Aos meus amigos, Ademário A. Tavares, Elizamar C. da Silva, Eugênia Torres, Gabriela de Moraes G. Ferraz, Patrícia C. da Cunha, Paula P. L. Guimarães e Paula Cristina A. de Castro Tavares pelo carinho de suas amigas, por me animarem nos momentos difíceis e pelos papos divertidos e descontraídos.

Aos funcionários Cristiane M. Pires, Ana Katarina Araújo, Waldetrudes P. Jansen, Edina Maria dos Santos e Sr. Narciso Eduardo da Silva, pelo carinho, agilidade e atenção com que me ajudaram.

A todos que direta e indiretamente me ajudaram a realizar esse sonho.

Muito obrigada.

SUMÁRIO

Lista de Abreviaturas.....	ix
Lista de Tabelas.....	x
Lista de Figuras.....	xii
Resumo Geral.....	xiv
General Abstract.....	xvi
Introdução Geral*.....	18
Introdução.....	19
Revisão de Literatura.....	21
2.1 Origem distribuição, e aspectos botânicos das helicônias.....	21
2.2 Importância econômica do cultivo de helicônias.....	23
2.3 Durabilidade pós-colheita de hastes florais.....	24
2.4 Uso da baixa temperatura durante o armazenamento de hastes florais.....	25
2.5 Respostas fisiológicas das plantas ao estresse por baixa temperatura.....	27
Referências.....	29
Capítulo 1* - Caracterização da senescência e injúria por frio em hastes florais de <i>Heliconia</i> <i>bihai</i> (L.) cv. Lobster Claw e cv. Halloween.....	34
Resumo.....	35
1. Introdução.....	36
2. Material e Métodos.....	38
3. Resultados e Discussão.....	40
4. Conclusões.....	45
Referências.....	45
Capítulo 2*- Armazenamento de hastes florais de <i>Heliconia bihai</i> (L.) cv. Lobster Claw sob baixa temperatura.....	56
Resumo.....	57
1. Introdução.....	58
2. Material e Métodos.....	59
3. Resultados e Discussão.....	62
4. Conclusões.....	66
Referências.....	67
Considerações Finais.....	75
Anexo.....	77

LISTA DE ABREVIATURAS

- a***: Intervalo entre a cor verde (-) e a vermelha (+)
- b***: Intervalo entre a cor azul (-) e a amarela (+)
- CL**: Condutividade livre
- CT**: Condutividade total
- CR**: Com refrigeração
- HW**: Halloween
- g**: Grama
- LC**: Lobster Claw
- L***: Intervalo entre preto e branco (luminosidade)
- M**: Molar
- Mi**: Massa inicial
- Mf**: Massa final
- MF**: Massa fresca
- mg.g⁻¹ de massa fresca**: Miligrama por grama de massa fresca
- mg proteína.g⁻¹ massa fresca**: Miligrama de proteína por grama de massa fresca
- mL**: Mililitro
- NaCl**: Cloreto de sódio
- nm**: Nanômetro
- PIA**: Percentagem de integridade absoluta
- POD**: Peroxidase
- rpm**: Rotações por minuto
- SAEG**: Sistema para Análise Estatística e Genética
- SR**: Sem refrigeração
- Tm**: Temperatura média do ar
- TPE**: Teor de potássio extravasado
- URm**: Umidade relativa média do ar
- U.min⁻¹. mg⁻¹ proteína. g⁻¹ massa fresca**: Unidade de atividade por minuto por miligrama de proteína por grama de massa fresca

LISTA DE TABELAS

Capítulo 1

Tabela 1

Porcentagem de massa fresca (MF%) de hastes florais de *H. bihai* cv. Lobster Claw e cv. Halloween sem refrigeração (SR a 24°C) e com refrigeração (CR a 6,5°C). Recife – PE, Brasil. 2009.....52

Tabela 2

Intensidade de luminosidade (L*) das brácteas de hastes florais de *H. bihai* cv. Lobster Claw e cv. Halloween sem refrigeração (SR a 24°C) e com refrigeração (CR a 6,5°C). Recife – PE, Brasil. 2009.....52

Tabela 3

Intensidade da cor vermelha (a*) das brácteas de hastes florais de *H. bihai* cv. Lobster Claw e cv. Halloween sem refrigeração (SR a 24°C) e com refrigeração (CR a 6,5°C). Recife – PE, Brasil. 2009.....53

Tabela 4

Intensidade da cor amarela (b*) das brácteas de hastes florais de *H. bihai* cv. Lobster Claw e cv. Halloween sem refrigeração (SR a 24°C) e com refrigeração (CR a 6,5°C). Recife – PE, Brasil. 2009.....53

Tabela 5

Porcentagem de integridade absoluta da membrana celular (PIA) em hastes florais de *H. bihai* cv. Lobster Claw e cv. Halloween sem refrigeração (SR a 24°C) e com refrigeração (CR a 6,5°C). Recife – PE, Brasil. 2009.....54

Tabela 6

Teor de potássio extravasado (TPE) g.kg⁻¹ MF, em tecidos de *H. bihai* cv. Lobster Claw e cv. Halloween sem refrigeração (SR a 24°C) e com refrigeração (CR a 6,5°C). Recife – PE, Brasil. 2009.....54

Capítulo 2

Tabela 1

Qualidade visual de inflorescências de *H. bihai* cv. Lobster Claw, avaliada com escala de notas durante a vida em vaso, após o armazenamento por 2, 4, 6 e 8 dias a 12°C e 19°C e mantidas a 25°C em ambiente de laboratório (AL). As avaliações foram realizadas até o ponto de descarte. Recife – PE, Brasil. 2009.....71

Tabela 2

Vida em vaso (dias depois do armazenamento) e longevidade total pós-colheita (dias de armazenamento mais os dias de vida em vaso) de hastes florais de *H. bihai* cv. Lobster Claw, armazenadas a 12°C e 19°C por 2, 4, 6 e 8 dias e mantidas a 25°C em ambiente de laboratório. Recife – PE, Brasil. 2009.....72

Tabela 3

Massa fresca (MF%) de hastes florais de *H. bihai* cv. Lobster Claw após o armazenamento em câmara a 12°C e 19°C e mantidas a 25°C no ambiente de laboratório (AL) desde o dia da colheita. As avaliações foram realizadas até o ponto de descarte. Recife – PE, Brasil. 2009..73

Tabela 4

Cor das brácteas (L^* , a^* e b^*) de hastes florais de *H. bihai* cv. Lobster Claw após o armazenamento em câmara a 12°C e 19°C e mantidas a 25°C no ambiente de laboratório (AL) desde o dia da colheita. As avaliações foram realizadas até o ponto de descarte. Recife – PE, Brasil. 2009.....73

LISTA DE FIGURAS

Introdução Geral* – Revisão de Literatura

Figura 1. Classificação das helicônias quanto à disposição das folhas: (A) Musóide; (B) Canóide e (C) Zingiberóide, Berry e Kress (1991).....22

Figura 2. Diferentes tipos de inflorescências e coloração das brácteas de helicônia (A e B) inflorescências eretas com orientação dística das brácteas; (C) inflorescência ereta com orientação espiralada das brácteas; (D) inflorescência pendente com orientação dística das brácteas; e (E) inflorescência pendente com orientação espiralada das brácteas.....22

Capítulo 1

Fig. 1. Sintomas de senescência (aspecto geral – A a D e detalhe – E a H) em inflorescências de *H. bihai* cv. Lobster Claw mantidas sem refrigeração (24°C), e sintomas de injúria por frio (detalhe – I a L) em inflorescências mantidas com refrigeração (6,5°C). Recife – PE, Brasil. 2009.....49

Fig. 2. Sintomas de senescência (aspecto geral – A a D e detalhe – E a H) em inflorescências *H. bihai* cv. Halloween mantidas sem refrigeração (24°C) e sintomas de injúria por frio (detalhe – I a L) em inflorescências mantidas com refrigeração (6,5°C). Recife – PE, Brasil. 2009.....50

Fig. 3. Nota da avaliação da senescência, a cada dois dias, e da avaliação do grau de injúria por frio, após armazenamento, em hastes florais de *H. bihai* cv. Lobster Claw (A) e cv. Halloween (B) mantidas sem refrigeração (24°C) e mantidas com refrigeração (6,5°C). Recife – PE, Brasil. 2009.....51

Fig. 4. Aspecto geral dos sintomas de senescência e injúria por frio em hastes florais de *H. bihai* cv. Lobster Claw (A e B) e cv. Halloween (C e D). Hastes florais sem refrigeração (24°C) aos oito dias após a colheita (A e C) e com refrigeração (6,5°C) após armazenamento por oito dias (B e D). Recife – PE, Brasil. 2009.....55

Capítulo 2

Fig. 1. Estimativa da nota de qualidade visual de inflorescências *H. bihai* cv. Lobster Claw, com escala de notas, após armazenamento por 2, 4, 6 e 8 dias a 12°C (■) e 19°C (▲) e mantidas a 25°C em ambiente de laboratório (AL) (◆). Recife – Pernambuco, Brasil. 2009.....71

Fig. 2. Estimativa da massa fresca (%) de hastes florais de *H. bihai* cv. Lobster Claw, após armazenamento por 2, 4, 6 e 8 dias a 12°C (■), 19°C (▲) e mantidas a 25°C em ambiente de laboratório (AL) (◆). Recife – Pernambuco, Brasil. 2009.....72

Fig. 3. Estimativa da atividade de peroxidase (POD) em tecido de brácteas de *H. bihai* cv. Lobster Claw, após armazenamento por 2, 4, 6 e 8 dias a 12°C (■), e 19°C (▲) e mantidas a 25 °C em ambiente de laboratório (AL) (◆). Recife – Pernambuco, Brasil. 2009.....74

RESUMO GERAL

As flores tropicais de corte, após a colheita, podem estar sujeitas a temperaturas inadequadas, principalmente durante a comercialização, o que pode acelerar o processo de senescência e causar injúria por frio, cujos sintomas ainda não foram descritos. A conservação pós-colheita adequada das hastes florais de helicônia é importante para o sucesso da comercialização desse produto, sobretudo no tocante à exportação. Este trabalho objetivou avaliar sintomas e respostas fisiológicas da senescência e da injúria por frio em hastes florais de *Heliconia bihai* cv. *Lobster Claw* (LC) e cv. *Halloween* (HW), bem como o efeito do tempo máximo de armazenamento de hastes florais de *Heliconia bihai* cv. *Lobster Claw* em duas temperaturas (12 e 19°C) e cinco períodos de armazenamento. No primeiro experimento, foram avaliados a massa fresca (MF), coloração das brácteas, percentagem de integridade absoluta da membrana celular (PIA) e teor de potássio extravasado (TPE) do tecido das brácteas. As avaliações foram realizadas em cinco períodos (zero, dois, quatro, seis e oito dias), com refrigeração (CR) em câmara fria à temperatura média (Tm) de 6,5°C e umidade relativa média (URm) de 85%, e sem refrigeração (SR) em ambiente de laboratório com Tm de 24°C e URm de 66%. O uso da temperatura de 6,5°C objetivou provocar sintomas de injúria por frio nas hastes florais. No segundo experimento, foi avaliado o efeito do tempo máximo de armazenamento de hastes florais de *Heliconia bihai* cv. *Lobster Claw* em duas temperaturas (12°C e 19°C) e comparadas com a condição de ambiente de laboratório (25°C), por meio da qualidade visual, massa fresca, coloração das inflorescências e atividade da enzima peroxidase. Nas duas cultivares do primeiro experimento, o sintoma de senescência foi caracterizado como ressecamento do tecido das brácteas e o sintoma de injúria por frio como manchas escuras que adquiriram aspecto de queima e posterior necrose. A redução da qualidade visual das inflorescências e da massa fresca das hastes foi progressiva ao longo dos dias em todos os tratamentos. (Esse trecho em verde eu copiei de lá do resumo 2) O grau de injúria por frio foi agravado com o aumento do período de armazenamento das inflorescências das duas cultivares. Houve diferença na MF das hastes florais das cultivares LC e HW de ambos os tratamentos SR e CR. Houve alteração da cor das brácteas das inflorescências das duas cultivares mantidas com refrigeração e das inflorescências da cv. HW sem refrigeração. O armazenamento das hastes florais em câmara fria causou uma redução da PIA a partir do sexto dia, que coincidiu com um aumento do TPE. Nas hastes florais mantidas sem refrigeração a PIA só aumentou no oitavo dia e não houve alteração nos valores de TPE. A redução da qualidade visual e da massa fresca das hastes florais da cv. *Lobster Claw* foi progressiva ao longo do período de avaliação em todos os tratamentos. Foram observados sintomas de injúria por frio nas inflorescências armazenadas em câmara fria a 12°C por seis e

oito dias. A cor das brácteas se alterou em função da temperatura, do período de armazenamento. Nas hastes florais mantidas nas condições do ambiente do laboratório, observou-se, inicialmente, uma elevação na atividade da peroxidase e posterior decréscimo. Os resultados permitem afirmar que o período de armazenamento e a temperatura promoveram alterações nas respostas fisiológicas evidenciadas por sintomas de injúria por frio e senescência. A temperatura de 12°C não é indicada para armazenamento de hastes florais de H. bihai cv. Lobster Claw, por mais de quatro dias. A temperatura de 19°C é indicada para o armazenamento de hastes florais de H. bihai cv. LC por oito dias. Não foi observada uma tendência padrão para a atividade da peroxidase nas hastes florais submetidas à refrigeração, independente da temperatura e do tempo de armazenamento. A elevada atividade da peroxidase, nos dois primeiros dias, nas hastes florais de todos os tratamentos, sugere uma reação ao estresse induzido pelo corte.

Palavras-chave: Armazenamento, colorimetria, extravasamento celular de íons, fisiologia de pós-colheita, flores tropicais, vida em vaso.

GENERAL ABSTRACT

Postharvest conservation of heliconia cut flowers is an important factor for the success on its commercialization, mainly for export. Inadequate temperatures during shipping and commercialization of tropical cut flowers may accelerate senescence processes and cause chilling injuries, generating symptoms that are not yet identified and described. The objective of this study was to evaluate the physiological responses and symptoms of senescence and chilling injury of cut inflorescences of *Heliconia bihai* cv. Lobster Claw (LC) and cv. Halloween (HW) and to study the effect of five different storage times on flowering stems of *Heliconia bihai* cv. Lobster Claw (LC) at two temperatures (12 and 19°C). In the first experiment, the variables measured were fresh weight (FW), color of bracts (L^* , a^* e b^*), percentage of absolute integrity of cell membrane (PAI) and leakage of potassium ion (LPI). The cut inflorescences were evaluated at five different intervals after harvested (zero, two, four, six and eight days), stored in refrigerated chamber (RC), at mean temperature (T_m) of 6,5°C and mean relative humidity (RH_m) of 85%, and without refrigeration, in conditions of laboratory (CL), at 24°C and RH_m of 66%. The low temperature of 6,5°C was used in order to promote chilling injury symptoms to the inflorescences. In the second experiment, it was evaluated the maximum storage time of flowering stems of *Heliconia bihai* cv. Lobster Claw under two different temperatures (12°C and 19°C), compared to laboratory conditions (25°C), for the variables: visual quality (VQ), fresh weight (FW), bract color (BC) and activity of peroxidase enzyme (POD). The visual quality of inflorescences and the fresh weight of all treatments decreased with time. In both cultivars the senescence symptoms were characterized as dryness of bract tissue and chilling injury symptoms, as dark stains that evolved to a burnt aspect and to necrosed area of tissue. The visual quality of inflorescences decreased with time in both cultivars. The severity of chilling injury increased with time for both cultivars. There was significant effect of RC and CL treatments for FW in both cultivars. Bract color changed in both cultivars only for the refrigerated treatment. Without refrigeration the bract color changed only for the HW cultivar. Storing the inflorescences at 6,5°C during six and eighth days decreased the values of PAI. For both cultivars the non-refrigerated inflorescences did not present any increase in LPI, however, for refrigerated treatment the LPI increased after the sixth day of storage. Symptoms of chilling injury were observed on the inflorescences stored at 12°C during six and eight days. Color of bracts was affected by the temperature, storage period. For the inflorescences kept in laboratory conditions, the peroxidase activity increased initially and subsequently decreased. Results indicate that for both cultivars storage period and temperature promoted alterations in the physiological responses, which were demonstrated by chilling injury and senescence. The temperature of 12°C is not

recommended for storage time longer than four days for inflorescences of *H. bihai* cv. Lobster Claw. Temperature of 19°C is recommended for storage time up to eight days. Peroxidase activity in the refrigerated *Heliconia* cut flowers did not follow any standard trend as a function of temperature and storage time. The elevated activity of peroxidase enzyme during the two first days for all treatments may suggest a reaction to the stress caused by cutting the inflorescences.

Key words: Colorimetry, cell ion leakage, storage conditions, postharvest physiology, tropical flowers, vase life.

1. INTRODUÇÃO

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Origem, distribuição e aspectos botânicos das helicônias

2.2 Importância econômica do cultivo de helicônias

2.3 Durabilidade pós-colheita de hastes florais

2.4 Uso da baixa temperatura durante o armazenamento de hastes florais

2.5 Respostas fisiológicas das plantas ao estresse por frio

REFERÊNCIAS

* As referências bibliográficas desta sessão seguem as normas da ABNT.

1. INTRODUÇÃO

O gênero *Heliconia* é o único na família Heliconiaceae e as espécies desse gênero são nativas da América Tropical (BERRY e KRESS, 1991). Entre as flores tropicais, as helicônias apresentam grande aceitação pelos consumidores porque as brácteas que compõem a inflorescência e que envolvem e protegem as flores são vistosas e, normalmente, apresentam intenso e exuberante colorido de cores contrastantes (CASTRO et al., 2006). Praticamente todos os estados das regiões Norte, Nordeste e Centro-oeste, contam com áreas de produção de flores e de folhagens tropicais (OPITZ, 2006). Atualmente, a floricultura em Pernambuco está representada por cerca de 197 produtores que cultivam 125 ha, dos quais 56% são de flores tropicais para corte. A floricultura no Estado movimenta recursos da ordem de R\$ 36 milhões/ano, gerando 800 empregos diretos e milhares de indiretos (SEBRAE, 2008).

Para o sucesso da comercialização desse produto, sobretudo no tocante à exportação, é importante o conhecimento sobre a durabilidade pós-colheita das hastes florais de helicônia. De acordo com Reid (1991), entre as ferramentas disponíveis na tecnologia pós-colheita, o uso da temperatura controlada é a mais importante, sendo a utilização da baixa temperatura durante o armazenamento a mais conveniente para a manutenção da qualidade visual de muitas espécies (NOWAK e RUDNICKI, 1990). A temperatura crítica para a maioria dos produtos de origem tropical e subtropical varia entre 10°C e 13°C (CHITARRA e CHITARRA, 2005). O uso de temperatura inadequada, considerando a espécie, durante a fase de comercialização de flores de corte, é a maior fonte de perda da qualidade e redução da durabilidade pós-colheita (REID, 2001).

A escassez de pesquisa tecnológica sobre aspectos da comercialização figura entre os principais problemas que interferem no desempenho da cadeia produtiva das flores tropicais (LOGES, 2002). A falta de conhecimentos adequados sobre as necessidades e exigências no manejo pós-colheita desses produtos, de natureza delicada, também fazem parte desse contexto (JUNQUEIRA e PEETZ, 2008).

Durante o período de transporte, distribuição e armazenagem de flores objetiva-se retardar ao máximo os problemas de senescência e a maior limitação ao armazenamento é a de injúria por frio que pode ocorrer devido a variações de temperatura. De acordo com Reid (2001), variações de temperatura são comuns durante o transporte de flores de corte. Em geral, podem ser observados sintomas de injúria por frio como descoloração e lesões necróticas em pétalas, brácteas e folhas (NOWAK e RUDINICK, 1990), o que inviabiliza a comercialização dos produtos.

Para suprir a necessidade de desenvolvimento de tecnologia pós-colheita de flores, são necessárias pesquisas com o objetivo de avaliar os diferentes modos de armazenamento e quantificar o ganho em dias, no período de conservação de flores (SONEGO e BRACKMANN, 1995). Com o armazenamento refrigerado de flores de corte, torna-se possível ajustar o fornecimento à demanda do mercado (NOWAK e RUDINICK, 1990), o que permite maior flexibilidade para o produtor em relação à colheita.

Outro aspecto que deve ser considerado é que, quando as hastes são transportadas via aérea, podem estar sujeitas a temperaturas inadequadas, na maioria das vezes muito baixas, que provocam injúria por frio. Esse problema da injúria por frio não é recente, mas se tornou mais evidente no setor da floricultura com a exportação de flores tropicais. De acordo com Gorsel (1994), o controle de temperatura tanto em aeroportos quanto nos aviões não é adequado para este tipo de produto, e as flores tropicais são armazenadas em compartimentos com temperaturas muito frias, juntamente com flores e frutas temperadas, como têm relatado alguns produtores.

É importante a caracterização dos sintomas de injúria por frio em helicônias para avaliar os efeitos da baixa temperatura sobre a perda de qualidade de suas inflorescências durante e após o transporte refrigerado. Essa perda de qualidade, que causa inadequação do produto, pode ser relacionada a fatores de pré-colheita e colheita, sendo a responsabilidade e os prejuízos atribuídos ao produtor. Conhecer as exigências fisiológicas da espécie para o adequado transporte refrigerado auxiliará o setor produtivo nesse mercado competitivo.

Para avaliar o grau dos danos provocados pelo armazenamento em baixa temperatura, são necessários estudos de fisiologia de pós-colheita das hastes florais de helicônia que analisem a integridade da membrana celular, o extravasamento de íons e a atividade enzimática. Esses estudos visam auxiliar na compreensão dos processos fisiológicos envolvidos na senescência e nas respostas ao estresse por baixa temperatura, podendo orientar na indicação de novos procedimentos operacionais que possibilitem a manutenção da qualidade exigida pelo mercado.

Com a adequação e o aprimoramento das técnicas de pós-colheita, o produtor de flores tropicais conseguirá manter a qualidade das hastes florais, atendendo o crescente nível de qualidade exigido pelo mercado nacional e internacional. Dessa forma, faz-se necessário diferenciar os sintomas de senescência dos sintomas de injúria por frio, os quais ainda não foram descritos para cv. Lobster Claw e cv. Halloween, duas das cultivares de *Heliconia bihai* mais comercializadas, que foi o objetivo desse estudo. Além disso, os resultados permitirão o conhecimento sobre a conservação de hastes florais de helicônias sob refrigeração.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Origem, distribuição e aspectos botânicos das helicônias

As helicônias são plantas herbáceas, perenes, com caule subterrâneo (rizoma) e pseudocaule (ereto e aéreo), formado pela sobreposição das bainhas das folhas (CRILEY e BROCHAT, 1992). Pertencem à ordem Zingiberales que é constituída por oito famílias, entre as quais se destaca a família Heliconiaceae com um único gênero, *Heliconia*, que possui cerca de 250 espécies (BERRY e KRESS, 1991).

As espécies do gênero *Heliconia* são nativas da América Tropical (BERRY e KRESS, 1991) e são normalmente, encontradas nas Américas Central e do Sul, desde o nível do mar até 2.000 metros de altitude, bem como nas ilhas do Pacífico Sul, até 500 metros de altitude (CRILEY e BROCHAT, 1992). A maioria das espécies de helicônia tem maior ocorrência natural na América do Sul e Central, principalmente Colômbia (94), Equador (60), Panamá (56), Costa Rica (47) e Brasil (37) (CASTRO et al., 2007b).

O gênero *Heliconia* não era muito conhecido devido à dificuldade de coleta e preservação de suas inflorescências. A partir de 1985, com a fundação da “International Heliconia Society”, vários aspectos sobre o gênero começaram a ser estudados. A sua popularidade gerou a necessidade de literatura ilustrada e descrição das inúmeras espécies (DANIELS, 1991). No Brasil, segundo Castro (1995) e Castro e Graziano (1997), as helicônias são conhecidas com os nomes regionais de bananeira-de-jardim, bananeirinha-de-jardim, bico-de-guaraná, falsa-ave-do-paraíso e paquevira.

Como resultado da sua popularização e cultivo como flor de corte e para paisagismo, as helicônias estão distribuídas por todas as regiões tropicais do mundo (BERRY e KRESS, 1991). São encontradas a pleno sol ou em áreas sombreadas de florestas primárias e a maioria das espécies não se desenvolve em ambientes com temperatura abaixo de 18°C (CRILEY e BROCHAT, 1992). Das 37 espécies de helicônias nativas do Brasil e outras adaptadas às condições ambientais predominantes em muitas regiões do País, a comercialização como flor de corte fica restrita a algumas cultivares de *H. bihai*, *H. wagneriana*, *H. rostrata*, *H. stricta*, *H. psittacorum* e às cultivares do grupo Torch (CASTRO et al., 2007b).

As características mais evidentes da ordem Zingiberales são, de modo geral, a ocorrência de folhas grandes com lâminas possuindo nervuras transversais, pecíolos longos e inflorescências grandes, com brácteas coloridas (BERRY e KRESS, 1991). Quanto à disposição das folhas, as helicônias são classificadas como: musóides (folhas verticais em relação ao pseudocaule, pecíolos longos, ocorrendo na maioria das espécies); canóide (pecíolo

curto ou de médio comprimento, com posição oblíqua à haste); zingiberóide (folhas dispostas horizontalmente, pecíolos curtos) (Figura 1) (BERRY e KRESS, 1991). As folhas são normalmente verdes e algumas espécies apresentam limbo foliar naturalmente dividido (rasgado) como a *H. chartacea*, *H. platystachys* e *H. spissa* (PANCOAST, 1991).

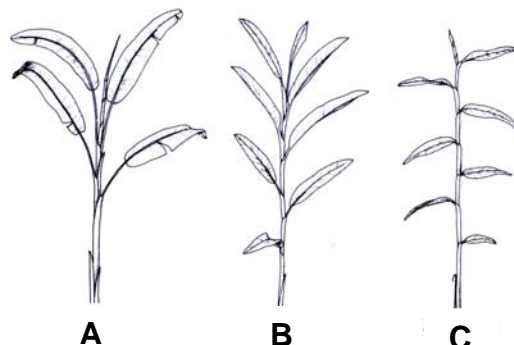


Figura 1. Classificação das helicônias quanto à disposição das folhas: (A) Musóide; (B) Canóide e (C) Zingiberóide, Berry e Kress (1991).

A inflorescência é terminal, ereta ou pendente, composta por um pedúnculo que une o pseudocaule à base da bráctea. As brácteas são folhas modificadas, com diferentes colorações, tamanhos, formatos, texturas e quantidades, que definem o valor comercial da planta. Cada bráctea da inflorescência contém um número variável de flores (até 50), dependendo da espécie (BERRY e KRESS, 1991). As brácteas se unem através da ráquis, e em relação à orientação podem ser dísticas ou estar dispostas em espiral (Figura 2) (SIMÃO e SCATENA, 2004).

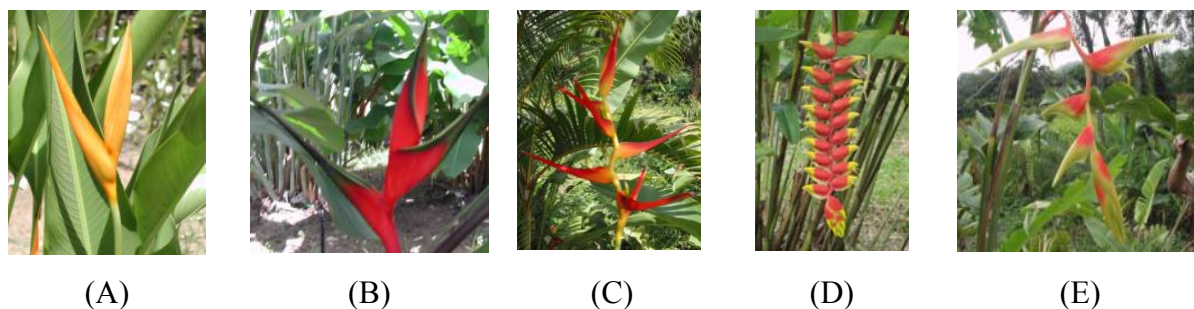


Figura 2. Diferentes tipos de inflorescências e coloração das brácteas de helicônia (A e B) inflorescências eretas com orientação dística das brácteas; (C) inflorescência ereta com orientação espiralada das brácteas; (D) inflorescência pendente com orientação dística das brácteas; e (E) inflorescência pendente com orientação espiralada das brácteas.

As flores de helicônia são hermafroditas, com cores variando de amarelo a branco (BERRY e KRESS, 1991) e permanecem em antese por apenas um dia (SIMÃO et al., 2006), estão alojadas no interior das brácteas (ABALO, 1999), apresentam cinco estames férteis e um modificado em estaminóide estéril. O tamanho, forma e inserção dos estames são características utilizadas para identificação das espécies. O estilete acompanha a curvatura do perianto e o ovário é ínfero, trilocular, com um óvulo por lóculo (SIMÃO et al., 2006).

Segundo Criley e Broschat (1992), o formato das flores pode ser curvo, parabólico ou sigmoidal, com nectário na base. As flores podem ficar eretas e expostas, como no caso das *H. psittacorum*, ou quase escondidas, com apenas a extremidade do perianto acima do nível da margem das brácteas em inflorescências maiores. O perianto é composto de três sépalas externas e três pétalas internas, as quais apresentam diferentes graus de fusão, formando um tubo aberto de comprimento variado, dependendo da espécie.

Os frutos de helicônia são drupas com endocarpo lignificado (SIMÃO e SCATENA, 2003) e coloração azul escura ou violeta, e alaranjada ou vermelha quando maduros (KRESS e ROESEL, 1987) o que é um forte atrativo para os pássaros (BERRY e KRESS, 1991).

2.2 Importância econômica do cultivo de helicônias

A floricultura é uma atividade que abrange, em seu sentido amplo, o cultivo de flores e plantas ornamentais com variados fins, desde a produção de flores para corte até mudas arbóreas de porte elevado (CASTRO, 1998). O setor de flores e plantas ornamentais tem se destacado dentro do agronegócio mundial, apresentando elevado crescimento nos últimos anos. Em 2007, o Brasil conquistou um novo recorde nas exportações de flores e de plantas ornamentais, o que vem caracterizando o setor desde o início da década (JUNQUEIRA e PEETZ, 2008). Entre os produtos exportados da floricultura brasileira, as flores de corte, incluindo as tropicais, representam 19,56% (JUNQUEIRA e PEETZ, 2006). Vários programas oficiais têm fortalecido esse setor, como APEX (Agência de Promoções de Exportações e Investimento) e FloraBrasilis, que visam aumentar a exportação de flores, sobretudo as tropicais, com ações voltadas principalmente para as áreas de tecnologia, gestão empresarial e comercialização.

Dentro da cadeia produtiva de flores, as flores de corte representam 40% do faturamento, o que pode ser aumentado pelo crescente interesse dos mercados de Portugal e Espanha pelas flores tropicais (JUNQUEIRA e PEETZ, 2006), e que tem incentivado o cultivo dessas flores visando a exportação. Praticamente todos os estados das regiões Norte, Nordeste e Centro-oeste, contam com áreas de produção, principalmente de flores e de folhagens tropicais (OPITZ, 2006).

A floricultura no estado de Pernambuco está representada por cerca de 200 produtores que cultivam 125 ha, dos quais 56% são cultivados com flores tropicais por 32 produtores (SEBRAE, 2008), distribuídos em diversos municípios, principalmente, na Zona da Mata e no Agreste Meridional. Os produtores brasileiros, principalmente das regiões Norte e Nordeste, são fortemente motivados para a atividade exportadora, porém ainda são necessários grandes aprimoramentos dos produtos, dos processos de produção e de comercialização.

Entre as flores tropicais, as helicônias apresentam grande aceitação pelos consumidores porque as brácteas que envolvem e protegem as flores são vistosas, muitas vezes têm intenso e exuberante colorido com cores contrastantes (CASTRO et al., 2006). As espécies e variedades mais comercializadas como flor de corte no mundo são *H. acuminata*, *H. angusta*, *H. psittacorum*, *H. stricta*, *H. velloziana*, *H. rostrata*, *H. chartaceae*, *H. bihai*, *H. wagneriana*, *H. orthotricha*, *H. xanthovillosa*, *H. velloziana*, *H. velerigera*, e os híbridos *H. x H. nickeriensis* e *H. psittacorum x H. spathocircinata* (CASTRO et al., 2006).

A *H. bihai* é uma das espécies mais cultivadas no Brasil e foi classificada como uma espécie “muito adequada” para a comercialização como flor de corte, considerando a facilidade de manuseio, embalagem e transporte, bem como a resistência das inflorescências ao transporte, longevidade e rigidez da haste (CASTRO et al. 2006). Essa espécie apresenta inflorescência ereta, com orientação dística das brácteas e colorações variadas, além disso, são muitos os híbridos naturais. Berry e Kress (1991) destacaram cerca de 15 cultivares, além dos híbridos naturais e Castro et al. (2007), ao atualizarem a nomenclatura do gênero *Heliconia*, afirmaram que existem cerca de 40 cultivares comerciais de *H. bihai*.

O Mercado de flores está se tornando cada vez mais globalizado, uma vez que flores são enviadas de todas as partes do mundo aos principais consumidores, como EUA, Europa e Japão. Esse aspecto da globalização tem contribuído para aumentar o tempo médio entre a colheita de uma flor e a sua chegada na residência do consumidor. Tempos mais longos nos canais de comercialização têm implicações significativas na durabilidade da flor, o que requer maior atenção aos fatores que afetam a vida pós-colheita da flor (REID, 2001). Ao avaliar a tendência do mercado mundial de flores tropicais, incluindo as helicônias, Pizano (2005) constatou que a expansão da comercialização dessas flores não tem sido tão rápida e fácil devido à reduzida qualidade, falta de uniformidade de produção, de boa apresentação visual dos produtos e necessidade de introdução de novas variedades.

Uma comercialização eficiente exige logística adequada, incluindo acondicionamento em câmaras frias, técnicas e operações de transporte adequadas, o que não se observa, ainda, na cadeia de suprimento nacional. A falta de conhecimentos adequados sobre as necessidades e exigências no manejo pós-colheita desses produtos de natureza delicada também fazem parte desse contexto (JUNQUEIRA e PEETZ, 2008).

2.3 Durabilidade pós-colheita de hastes florais

No momento em que as hastes florais são retiradas da planta mãe, interrompe-se o suprimento de água e nutrientes, indispensáveis aos processos metabólicos que continuam após o corte. Isso resulta na aceleração da senescência e na redução da durabilidade da flor,

quando mantida em temperatura ambiente (SONEGO e BRACKMANN, 1995). Assim como em todos os produtos perecíveis, a senescência das plantas ornamentais é influenciada pela temperatura (PAULL, 1991). O metabolismo das plantas, que está diretamente relacionado com o tempo de senescência, cresce logaritmicamente com o aumento da temperatura e, de modo geral, as taxas metabólicas duplicam a cada elevação de 10°C na temperatura (REID, 1991).

A senescência é considerada, em geral, como uma série de eventos programados, que levam à degradação e remobilização de proteínas, lipídeos, ácidos nucléicos e, finalmente, conduz à morte celular que é precedida pela perda da permeabilidade da membrana. O processo de senescência consiste também em alterações de carboidratos (RUBINSTEIN, 2000).

A durabilidade pós-colheita é um dos principais aspectos a serem observados na produção de flores para corte e é um pré-requisito para a qualidade do produto e o sucesso da comercialização (CASTRO et al., 2007a). As espécies de helicônia apresentam diferenças quanto à durabilidade pós-colheita, que estão relacionadas com fatores genéticos (CRILEY e BROCHAT, 1992). Além disso, técnicas adotadas na pós-colheita interferem na qualidade e durabilidade das inflorescências. De acordo com Nowak e Rudinick (1990), a permanência de flores de corte em temperaturas mais elevadas, após a colheita, acelera o processo de senescência e isso pode ser evitado com o armazenamento em baixa temperatura, visto que há uma redução na velocidade das reações metabólicas de flores e folhas, o que possibilita uma conservação por um maior período.

2.4 Uso da baixa temperatura durante o armazenamento de hastes florais

A utilização de baixa temperatura é importante para a conservação de plantas e flores, porque, além de inibir as infecções bacterianas e fúngicas, diminui a transpiração, respiração e retarda os diferentes processos relacionados ao crescimento e à senescência. Dessa forma, a redução da taxa metabólica retarda a deterioração dos tecidos (REID, 1991).

São escassas as informações sobre o tempo de exposição e a temperatura necessários para uma melhor manutenção da qualidade da maioria das flores tropicais de corte (JAROENKIT e PAULL, 2003). Embora a redução da temperatura seja normalmente benéfica, o uso de temperaturas abaixo do limite tolerado pela espécie pode causar efeitos prejudiciais (REID, 1991).

A temperatura é o principal fator de perda da qualidade em produtos perecíveis (CHITARRA e CHITARRA, 2005) e é a maior causa de descarte de flores quando há

exposição a temperaturas inadequadas (altas e baixas) por longos períodos (SONEGO e BRACKMANN, 1995), principalmente durante a comercialização (REID, 2001).

Algumas terminologias são usadas para expressar os resultados dos sintomas causados pelo frio, tais como: danos pelo frio, injúrias pelo frio, injúrias por baixas temperaturas, desordens por baixas temperaturas e em inglês “chilling injury” (CHITARRA e CHITARRA, 2005). A injúria por frio é uma desordem fisiológica que aparece em culturas de origem tropical e subtropical (SKOG, 1998). O grau da injúria por frio sofrido por uma planta ou seus órgãos, depende da temperatura à qual é exposta, da duração da exposição e da diferente sensibilidade de cada espécie (KAYS, 1991; CHITARRA e CHITARRA, 2005). A injúria por frio difere da injúria provocada por congelamento que é resultado de danos de cristais de gelo formados gradualmente em tecidos armazenados em temperatura abaixo do ponto de congelamento (SKOG, 1998), o qual pode variar com a cultivar e com as condições de cultivo (CHITARRA e CHITARRA, 2005).

Detectar e diagnosticar a injúria por frio é geralmente difícil, pois os produtos frequentemente não apresentam danos visíveis imediatamente após serem removidos da baixa temperatura. Os sintomas podem ocorrer quando o produto é transferido da condição de baixa temperatura para a temperatura ambiente, o que pode acontecer em algumas horas ou vários dias após a retirada (SKOG, 1998).

Para não sofrerem injúria por frio, muitas espécies de origem tropical devem ser armazenadas entre 7°C e 15°C (Nowak e Rudinick, 1990) ou entre 7°C e 10°C (Reid, 1991). Flores cortadas como, por exemplo, hastes de *Anthurium* devem ser armazenadas à temperatura mínima superior 13°C (SKOG, 1998), enquanto que flores de *Strelitzia reginae*, planta de origem subtropical, não apresentaram sintomas de injúria por frio quando foram armazenadas a seco (UR de $90 \pm 5\%$), por 7 dias, a 10°C e apresentaram vida em vaso de 8,3 dias (FINGER et al., 2003).

Para helicônia, recomenda-se o armazenamento em temperatura maior do que 10°C (BROSCHAT e DONSELMAN, 1983). Cavalcante et al. (2005) observaram que hastes de *H. chartaceae* ‘Sexy Scarlet’, quando armazenadas à temperatura de 15°C com 6 brácteas abertas mais o ponteiro, não apresentaram injúria por frio e foram descartadas 13 dias após a colheita. Inflorescências de *H. psittacorum* ‘Sassy’ submetidas à temperatura de 12°C não apresentaram injúria por frio aos 12 dias após a colheita, enquanto que as inflorescências mantidas nas temperaturas de 8 e 10°C, por 12 dias, apresentaram escurecimento das brácteas e das estruturas florais, abscisão floral e perda de firmeza estrutural (MATTIUZ et al., 2005). Hastes de *Zingiber spectabilis* armazenadas a 10°C, 13°C e 18°C apresentaram o melhor resultado quando armazenadas a 18°C (DIAS-TAGLIACOZZO e CASTRO, 2005).

2.5 Respostas fisiológicas das plantas ao estresse por baixa temperatura

A injúria por frio pode ter um desenvolvimento rápido ou gradual. Durante o processo algumas funções isoladas são limitadas ou totalmente impedidas, sendo esta situação seguida de distúrbios irreversíveis (LARCHER, 2006), devido ao comprometimento das biomembranas e ao colapso do metabolismo (PAIVA e OLIVEIRA, 2006). Quando isso acontece, frequentemente são observados sintomas (SKOG, 1998). Quanto menor for a temperatura e maior for a duração de exposição ao frio, maior é a gravidade da injúria causada por esse estresse. No protoplasma, a injúria por frio desenvolve-se progressivamente (LARCHER, 2006) tendo como primeiro efeito, a interrupção do fluxo protoplasmático, seguido da redução da atividade fotossintética e por fim da perda da semipermeabilidade das membranas, comprometendo os compartimentos celulares e culminando no extravasamento de suco celular nos espaços intercelulares (PAIVA e OLIVEIRA, 2006).

Os principais sintomas de injúria por frio observados em hastes florais incluem: descoloração de pétalas, brácteas, sépalas e folhas, acelerada perda de água pelos tecidos, lesões necróticas, extravasamento celular, atraso na abertura do botão após o armazenamento e aumento na susceptibilidade ao ataque de saprófitos e patógenos (NOWAK e RUDINICK, 1990; REID, 1991; FINGER et al, 2003).

A descoloração dos tecidos resultante da injúria por frio é indesejável, uma vez que, segundo Kays (1991), a cor é o atributo de qualidade mais atrativo para o consumidor e é um dos parâmetros utilizados na avaliação da qualidade após a colheita. A cor varia muito entre as espécies e também entre cultivares (CHITARRA e CHITARRA, 2005). Em frutos e hortaliças, a cor é utilizada como um indicador de maturação, senescência e desordens fisiológicas (INIBAP, 2002).

As alterações na membrana resultam em várias respostas secundárias, tais como, produção de etileno, aumento da respiração, perda da integridade membranar, extravasamento de íons e metabólitos, variações na atividade enzimática, redução da fotossíntese, acúmulo de componentes tóxicos e alteração da estrutura celular (KAYS, 1991; SKOG, 1998; LARCHER, 2006). CANDAN et al. (2008) avaliaram as alterações de permeabilidade da membrana celular, em diferentes cultivares de ameixa, em armazenamento de curto período, e observaram a existência de relação positiva entre a intensidade de extravasamento de íons e a incidência de injúria por frio. O armazenamento a 5°C de ramos de manjeriço mostrou que o extravasamento de eletrólitos parece não estar associado ao aparecimento dos sintomas de injúria por frio ou à maior resistência varietal, visto que o acentuado extravasamento de eletrólitos, em três cultivares, ocorreu nos dois primeiros dias de armazenamento, enquanto os

sintomas de injúria por frio apareceram a partir do terceiro dia para os ramos embalados e a partir do segundo dia para os ramos não embalados (MESSIAS et al., 2006).

Existe uma forte correlação entre o aumento da produção de radicais livres e a perda de integridade da membrana, embora a sequência de eventos que gera esses radicais ainda seja pouco compreendida (KUMAR et al., 2008). Espécies reativas de oxigênio (ERO) são subprodutos do metabolismo celular, mas podem ser produzidas em elevadas taxas sob condições de estresse (SIES, 1997) em vários compartimentos subcelulares ou organelas (mitocôndria, peroxissomos e cloroplastos) (SCANDALIOS, 1993). O aumento de peróxido de hidrogênio (H_2O_2) e outras formas reativas de oxigênio, como oxigênio singlete (1O_2), ânion superóxido (O_2^-) e radical hidroxila (OH^-) iniciam a sinalização de respostas de defesa (NEILL et al., 2002), mas o acúmulo de H_2O_2 pode agravar os danos por oxidação, e intensificar o dano de injúria por frio nos tecidos (WANG, 1995).

A ação da peroxidase em plantas constitui uma proteção antioxidativa. A prevenção dos danos oxidativos está entre os denominadores comuns de defesa frente a condições estressantes (BARTOSZ, 1997). Tais danos oxidativos têm sido registrados em consequência de distintos fatores de estresse (AGARWAL e SHAHEEN, 2007) e são resultantes do excesso na formação de espécies reativas de oxigênio (ERO). Sob condições de estresse, a peroxidase pode ser a primeira enzima a ter a atividade alterada, independente do substrato utilizado ou do estresse aplicado (SIEGEL, 1993) e vir a ser tomada como um marcador bioquímico de estresse, resultante tanto de fatores bióticos como abióticos (LIMA et al., 1999).

As baixas temperaturas podem induzir estresse oxidativo nos tecidos vegetais. Por outro lado, o padrão de resposta ao estresse pode variar dentro das possibilidades de ação das diferentes enzimas envolvidas no sistema antioxidativo. Em cultivares de arroz, a tolerância à salinidade apresentou uma correlação negativa com a atividade da peroxidase, conforme registrado por Mital e Dubey (1991) e por Demiral e Türkan (2005). Em contrapartida, em frutos de tangerina, observou-se que o aumento da injúria por frio (4 e 8°C) foi acompanhado pelo incremento na atividade da peroxidase (EL-HILALI et al., 2003).

A avaliação dos efeitos de baixas temperaturas durante o armazenamento de helicônias pode contribuir para esclarecer as diferenças entre os sintomas de injúria por frio dos sintomas de senescência. Essas avaliações são necessárias para a definição das temperaturas ótimas de armazenamento de espécies do gênero *Heliconia*, em benefício da comercialização das hastes florais. Para avaliar esses efeitos faz-se a caracterização dos sintomas de injúria por frio, a partir da qualidade visual e das respostas fisiológicas, tais como: perda de massa fresca, intensidade da cor das brácteas, percentagem de integridade absoluta da membrana celular, teor de potássio extravasado e atividade da enzima peroxidase.

REFERÊNCIAS

- AGARWAL, S. & SHAHEEN, R. Stimulation of antioxidant system and lipid peroxidation by abiotic stresses in leaves of *Momordica charantia*. **Brazilian Journal Plant Physiology**, Pelotas, v. 19, p.149-161, 2007.
- ABALO, J. E. Heliconias for the ornamental industry. **Acta Horticulturae**, Leuven, v. 486, p.313-315, 1999.
- BARTOSZ, G. Oxidative stress in plants. **Acta Physiology Plantarum**, Heidelberg, v. 19, p.47-64, 1997.
- BERRY, F.; KRESS, W. J. **Heliconia**: an identification guide. Washington and London: Smithsonian Institution Press, 1991. 334 p.
- BROSCHAT, T. K.; DONSELMAN, H. M. Heliconias: a promising new cut flower crop. **HortScience**, Alexandria, v. 18, n. 2, p. 1-2, 1983.
- BUCHANAN, B. B.; GRUISSEM, W.; JONES, R. L. Biochemistry & Molecular Biology of plants. **American Society of Plant Physiologists**. Rockville, 2000. 1367 p.
- CANDAN, A. P.; GRAELL, J.; LARRIGAUDI'ERE, C., Roles of climacteric ethylene in the development of chilling injury in plums. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 47, p.107–112. 2008.
- CASTRO, A. C. R. et al. Hastes florais de helicônia sob deficiência de macronutrientes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v. 42, n. 9, p. 1299-1306, 2007a.
- CASTRO, C. E. F. de; MAY, A.; GONÇALVES, C. Atualização da nomenclatura de espécies do gênero *Heliconia* (Heliconiaceae). **Revista Brasileira de Horticultura Ornamental**, Campinas, v. 13, n.1. p.38-62, 2007b.
- CASTRO, C. E. F.; MAY, A.; GONÇALVES, C. Espécies de helicônia como flores de corte. **Revista Brasileira de Horticultura Ornamental**, Campinas, v. 12, n. 2, p. 87-96, 2006.
- CASTRO, C. E. F. de. Cadeia produtiva de flores e plantas ornamentais. **Revista Brasileira de Horticultura Ornamental**, Campinas, v. 4, n. 1/2, p. 1-46, 1998.
- CASTRO, C. E. F.; GRAZIANO, T. T. Espécies do Gênero *Heliconia* (Heliconiaceae). **Revista Brasileira de Horticultura Ornamental**, Campinas, v.3, n.2, p.15-28, 1997.

CAVALCANTE, R.A.; MOSCA, J.L.; MACIEL, V.T.; PAIVA, W.O., 2005. Armazenamento refrigerado de *Heliconia chartacea* Lane ex Barreiros cv. Sexy Scarlet colhidas em diferentes pontos de abertura. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v. 23, n. 2, p. 563, 2005. Suplemento.

CHITARRA, M. L. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutas e hortaliças fisiologia e manuseio**. Lavras: Editora UFLA, 2005. 785 p.

CRILEY, R. A.; BROCHAT, T. K. Heliconia: botany and horticulture of new floral crop. **Horticulturae Review**, New York, v. 14, p. 1-55, 1992.

DIAS-TAGLIACOZZO, G.; CASTRO, C.E.F. Manutenção da qualidade pós-colheita de *Zingiber spectabilis* Griff. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v. 23, n. 2, p.563.

DANIELS, G. S. Preface. In: BERRY, F.; KRESS, W. J. **Heliconia: an identification guide**, Washington, USA: Smithsonian Institution Press, 1991. 335 p.

DEMIRAL, T.; TÜRKAN, I. Comparative lipid peroxidation, antioxidant defense systems and proline content in roots of two rice cultivars differing in salt tolerance. **Environmental and Experimental Botany**. Elmsford, v. 53, n, 3, p. 247-257. 2005.

EL-HILALI, F. et al. Chilling injury and peroxidase activity changes in “Fortune” mandarin fruit during low temperature storage. **Bulgarian Journal of Plant Physiology**, Sofia, v. 29, n.1-2, p. 44-54. 2003.

FINGER, F. L. et al. S. Vase Life of Bird-of-Paradise Flowers Influenced by Pulsing and Term of Cold Storage, **Acta Horticulturae**, Leuven, v. 628, p. 863-867, 2003.

GORSEL, R.V. Postharvest technology of imported and trans-shipped tropical floricultural commodities. **HortScience**, Alexandria. v. 29, n. 9 p.979-981. 1994.

INIBAP, Internation Network for the Improvement of Banana and Plantain. Medición del color de frutas y vegetales. In: — . **Oferta tecnológica de banano y plátano para América latina y el Caribe: una contribución de MUSALAC a la investigación y desarrollo de las Musáceas**. Turrialba, 2002. 103 p.

JAROENKIT, T.; PAULL, R. E. Reviews postharvest handling of heliconia, red ginger, and bird-of-paradise. **HortTechnology**, Alexandria, v. 13, n. 2, p. 259-266, 2003.

- JUNQUEIRA, A. H.; PEETZ, M. S. Mercado interno para os produtos da floricultura brasileira: características, tendências e importância socioeconômica recente. **Revista Brasileira de Horticultura Ornamental**, Campinas, v. 14, n. 1, p. 37 - 52, 2008.
- JUNQUEIRA, A. H.; PEETZ, M. S. **Perfil da cadeia produtiva de flores e plantas ornamentais da mesorregião metropolitana de Belém (PA)**. Belém: SEBRAE/Pará, 2006. 220 p.
- KAYS, S. J. **Postharvest physiology of perishable plant products**. New York, 1991. 532 p.
- KRESS, W. J.; ROESEL, C. Seed germination trials in *H. stricta* cv. Jamaica. **Bulletin Heliconia Society International**, Fort Lauderdale, v. 2, n. 2, p. 6-7, 1987.
- KUMAR, N.; SRIVASTAVA, G. C.; DIXIT, K. Flower bud opening and senescence in roses (*Rosa hybrida* L.). **Plant Growth Regulation**, Dordrecht, v. 55, p. 81-99, 2008.
- LIMA, G.P.P.; BRASIL, O.G.; OLIVEIRA, A.M. Poliaminas e atividade da peroxidase em feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivado sob estresse salino. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 56, p. 21-25, 1999.
- LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos: Rima, 2006. 550 p.
- LOGES, V. Floricultura Pernambucana. **Nordeste Biosciences**, Recife, n. 20, p. 8-11, 2002.
- MATTIUZ, C. F. M. et al. Efeito do armazenamento refrigerado em inflorescências cortadas de *Heliconia psittacorum* 'Sassy'. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 23, n. 2, p. 562, 2005. Suplemento.
- MITAL, R.; DUBEY, R.S. Behaviour of peroxidases in rice: changes in enzyme activity and isoforms in relation to salt tolerance. **Plant Physiology and Biochemistry**, Paris, v. 29, n. 1, p. 31-40, 1991.
- NEILL, S.; DESIKAN, R.; HANCOCK, J. Hydrogen peroxide signaling. **Current Opinion in Plant Biology**, Amsterdam, v. 5, p. 388-395. 2002.
- NOWAK, J.; RUDNICKI, R.M. **Postharvest handling and storage of cut flowers, florist greens and potted plant**. Portland: Timber Press. 1990. 210 p.
- OPITZ, R. Beleza, emoção e tecnologia. Anuário Brasileiro das Flores 2006. p.8, 2006.

- PAIVA, R.; OLIVEIRA, L.M. Fisiologia e produção vegetal. Lavras:UFLA, 2006. 104 p.
- PANCOAST, L. **Heliconias in ornamental design**. In: BERRY, F.; KRESS, W. J. **Heliconia**: An identification guide. Washington and London: Smithsonian Institution Press, 1991. 334 p.
- PAULL, R.E. **Postharvest handling of Hawaii cut flowers for export**. In: The Hawaii tropical cut flower industry conference. University Hawaii Research Extension Series. p. 40-48. 1991.
- PIZANO, M. International Market Trends – Tropical Flowers Brazil. **Acta Horticulturae**, Leuven, v. 683, p. 79-84, 2005.
- REID, M. S. Effects of low temperatures on ornamental plants. **Acta Horticulturae**, Leuven, v. 298, p. 215-223, 1991.
- REID, M.S. Advances in shipping and handling of ornamentals. **Acta Horticulturae**. v. 543, p.277-284. 2001.
- RUBINSTEIN, B. Regulation of cell death in flower petals. *Plant Molecular Biology*, Dordrecht, v. 44, p. 303–318. 2000.
- SEBRAE. Pernambuco se destaca na produção de flores tropicais e tradicionais. Recife: SEBRAE/PE, 2008. Disponível em: <<http://www.portaldoagronegocio.com.br/conteudo.php?id=24838>>. Acesso em: 21 ago. 2008.
- SCANDALIOS, J. G. Oxygen stress and superoxide dismutases. **Plant Physiology**, Minneapolis, v. 101, p. 7-12, 1993.
- SIMÃO, D. G.; SCATENA, V. L. Morfoanatomia das brácteas em *Heliconia* (Heliconiaceae) ocorrentes no Estado de São Paulo, Brasil. **Acta Botanica Brasílica**, São Paulo, v.18, n.2, p.261-270. 2004.
- SIMÃO, D. G.; SCATENA, V. L. Morphological aspects of the propagation in *Heliconia velloziana* L. Emygd. (Zingiberales: Heliconiaceae). **Brazilian Archives of Biology and Technology**, Curitiba, v.46, n.1, p.65-72, 2003.
- SIMÃO, D. G.; SCATENA, V. L.; BOUMAN, F. Developmental anatomy and morphology of the ovule and seed of *Heliconia* (Heliconiaceae, Zingiberales). **Plant Biology**, Stuttgart, v.8, n.1, p.143-154, 2006.

SIES, H. Oxidative stress: oxidants and antioxidants. **Experimental Physiology**, New York, v. 82, p. 291-295, 1997.

SIEGEL, B.Z. Plant peroxidases: an organism perspective. **Plant Growth Regulation**, Heidelberg, v. 12, p.303-312, 1993.

SKOG, L. J. **Chilling injury of horticultural crops. Horticultural Research Institute of Ontario**. University of Guelph Factsheet. 1998. Disponível em: <<http://www.omafra.gov.on.ca/english/crops/facts/98-021.htm#Figure%203>>. Acesso em: 04 de set. 2008.

SONEGO, G.; BRACKMANN, A. Conservação pós-colheita de flores. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 25, n. 3, p. 473-479, 1995.

WANG, C. Y. Effect of temperature preconditioning on catalase, peroxidase, and superoxide dismutase in chilled zucchini squash. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 5, p. 67-76. 1995.

**Caracterização da senescência e injúria por frio em hastes florais de
Heliconia bihai (L.) cv. Lobster Claw e cv. Halloween**

Resumo

1. Introdução

2. Material e métodos

2.1. Material vegetal e tratamentos

2.2. Percentagem de massa fresca

2.3 Intensidade de cor das brácteas e avaliação dos sintomas de senescência e injúria por frio nas inflorescências

2.4. Integridade absoluta da membrana celular e teor de potássio extravasado

2.5 Delineamento experimental e análise estatística

3. Resultados e Discussão

4. Conclusões

Agradecimentos

Referências

Cópia deste manuscrito será enviada para publicação na Postharvest Biology and Technology. O texto está formatado de acordo com as normas da revista, com exceção das figuras e tabelas que foram inseridas no corpo do trabalho.

Caracterização da senescência e injúria por frio em hastes florais de *Heliconia bihai* (L.) cv. Lobster Claw e cv. Halloween

Andreza. S. Costa ^{a,*}, Luis Carlos Nogueira ^b, Venézio F. dos Santos ^c,
Fernando Luiz Finger ^d, Vivian Loges ^a, Lilia Willadino ^e

^a Laboratório de Floricultura, Departamento de Agronomia, Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), Pernambuco, CEP 52171-900, Brasil

^b Embrapa Tabuleiros Costeiros (CPATC), Sergipe, CEP 40025-040, Brasil

^c Empresa Pernambucana de Pesquisa Agropecuária (IPA), Pernambuco, CEP 50761-000, Brasil

^d Laboratório de Pós-colheita, Departamento de Fitotecnia, Universidade Federal de Viçosa (UFV), Minas Gerais, CEP 36570-000, Brasil

^e Laboratório de Cultura de Tecidos Vegetais, Departamento de Biologia, Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), Pernambuco, CEP 52171-900, Brasil

Resumo

As flores tropicais de corte estão sujeitas, principalmente durante o transporte e armazenamento, a temperaturas inadequadas que podem acelerar o processo de senescência e causar injúria por frio, cujos sintomas ainda não foram descritos. Este trabalho objetivou avaliar sintomas e respostas fisiológicas durante a senescência e injúria por frio em hastes florais de *Heliconia bihai* cv. Lobster Claw (LC) e cv. Halloween (HW). Para tanto, avaliou-se a massa fresca (MF), coloração das brácteas, percentagem de integridade absoluta da membrana celular (PIA) e teor de potássio extravasado (TPE) do tecido das brácteas. As hastes florais foram avaliadas em cinco períodos (zero, dois, quatro, seis e oito dias), sob duas condições: com refrigeração (CR) em refrigerador à temperatura média (Tm) de 6,5°C e umidade relativa média (URm) de 85%, e sem refrigeração (SR), em ambiente de laboratório, com Tm de 24°C e URm de 66%. A temperatura de 6,5°C foi utilizada na refrigeração com o objetivo de provocar sintomas de injúria por frio nas inflorescências. Nas duas cultivares, o sintoma de senescência foi caracterizado pelo ressecamento do tecido das brácteas e o sintoma de injúria por frio pelo aparecimento de manchas escuras, que posteriormente adquiriram aspecto de queima, seguido por necrose. Houve redução gradual da qualidade visual das hastes das duas cultivares mantidas sem refrigeração ao longo dos oito dias. O grau de injúria por frio foi agravado com o aumento do período de armazenamento das inflorescências das duas cultivares. Houve redução progressiva na MF das hastes das cultivares LC e HW dos tratamentos SR e CR. A coloração das brácteas das inflorescências mantidas com refrigeração, de ambas cultivares, apresentaram redução de L (luminosidade), a (vermelho) e b (amarelo), indicando escurecimento do tecido da bráctea. Nas hastes mantidas sem refrigeração, houve redução da cor das brácteas apenas para a cv. HW. Para os tratamentos SR, a variável PIA não variou ao longo dos dias. O armazenamento refrigerado reduziu os valores de PIA a partir do sexto dia. As hastes SR das cultivares LC e HW não apresentaram aumento no TPE, no entanto, nas hastes CR ocorreu aumento no TPE a partir do sexto dia de armazenamento. A interação entre as cultivares, o período de armazenamento e a temperatura, promove alterações nas respostas fisiológicas evidenciadas pela visualização dos sintomas de injúria por frio e senescência.

Palavras-chave: Armazenamento, colorimetria, extravasamento celular de íons, fisiologia de pós-colheita, flores tropicais.

Abstract

Inadequate temperatures during shipping and commercialization of tropical cut flowers may accelerate senescence processes and cause chilling injuries, generating symptoms that are not yet identified and described. The objective of this study was to evaluate the physiological

responses and symptoms of senescence and chilling injury of cut inflorescences of *Heliconia bihai* cv. Lobster Claw (LC) e cv. Halloween (HW), by measuring the variables of fresh weight (FW), color of bracts (L^* , a^* e b^*), percentage of absolute integrity of cell membrane (PAI), leakage of potassium ion (LPI). The flower stems were evaluated at five different intervals after harvested (zero, two, four, six and eight days), stored in refrigerated conditions (RC), at mean temperature (T_m) of 6,5°C, and mean relative humidity (RHm) of 85%, and without refrigeration, in laboratory conditions (CL), at T_m of 24°C and RHm of 66%. The low temperature of 6,5°C was used in order to promote chilling injury symptoms on the inflorescences. In both cultivars the symptoms of senescence were characterized as dryness of bract tissue and the symptoms of chilling injury as dark stains that evolved to a burnt aspect and to necrosis. The visual quality of inflorescences decreased with time in both cultivars. The severity of chilling injury increased with time for both cultivars. There was significant effect of treatments RC and cv. LC for the FW variable in both cultivars. Bract color has changed in both cultivars only for the refrigerated treatment. Without refrigeration the bract color changed only for the HW cultivar. At laboratory conditions PAI did not change before the eight day. Storing the flower stems at 6,5°C during six and eighth days decreased the values of PAI. For both cultivars the non-refrigerated inflorescences did not present any increase in LPI, however, for refrigerated treatment the LPI increased after the sixth day of storage. The interaction of cultivars, storage period and temperature promoted alterations in the physiological responses demonstrated by symptoms of chilling injury and senescence.

Key words: Storage conditions, colorimetry, cell ion leakage, postharvest physiology, tropical flowers.

Autor para contato. Tel.: 55 + (81) 3320-6250

Fax: 55 + (81) 3320-6247

E-mail: andreza.costa@gmail.com; v.loges@depa.ufrpe.br

1. Introdução

A competitividade do agronegócio brasileiro nas diversas cadeias produtivas torna-se mais evidente a cada ano, inclusive no segmento de flores e de plantas ornamentais. Os indicativos do aumento dessa capacidade são as dimensões continentais, a produção e comercialização tanto de espécies temperadas quanto de espécies tropicais (Anuário Brasileiro das Flores, 2007). Em 2006, praticamente todos os estados das regiões Norte, Nordeste e Centro-Oeste do Brasil contavam com áreas de produção, principalmente de flores e de folhagens tropicais (Anuário Brasileiro das Flores, 2006), demonstrando a especialização destas regiões neste setor.

Como resultado da popularização e cultivo como flor de corte e para paisagismo, as helicônias são hoje distribuídas em todas as regiões tropicais do mundo. A haste floral é a parte comercial da planta, cujas flores são envolvidas por brácteas coloridas, que são folhas modificadas com diferentes tamanhos, formatos e disposição (Berry e Kress, 1991). As helicônias apresentam grande aceitação pelos consumidores devido ao intenso e exuberante colorido das brácteas, muitas vezes com cores contrastantes (Castro et al., 2006).

Na floricultura, a maior causa de descarte de flores de corte na pós-colheita é a exposição inadequada por longos períodos a baixas ou altas temperaturas (Sonego e Brackmann, 1995), principalmente durante a comercialização, acarretando perda da qualidade e redução da vida em vaso (Reid, 2001). Quando as hastes são transportadas sob refrigeração, podem estar sujeitas a temperaturas inadequadas, na maioria das vezes baixas, e que provocam injúria por frio. Esse problema não é recente, mas tornou-se mais evidente no setor da floricultura com a exportação de flores tropicais, visto que, o controle de temperatura tanto em aeroportos quanto nos aviões não é apropriado. A infra-estrutura e o modo de transporte são fatores determinantes para o comércio internacional (exportação) porque afetam diretamente a qualidade das flores cortadas (Gorsel, 1994).

A injúria por frio é uma desordem fisiológica que resulta da submissão de produtos a temperaturas inadequadamente baixas. Detectar e diagnosticar a injúria por frio é geralmente difícil, pois os produtos, frequentemente, não apresentam danos imediatamente após serem removidos do ambiente à baixa temperatura (Skog, 1998).

O grau da injúria por frio em uma planta ou seus órgãos depende da temperatura à qual é exposta, do tempo de exposição e da sensibilidade de cada espécie (Kays, 1991; Chitarra e Chitarra, 2005). Quanto menor for a temperatura e maior for a duração de exposição a esse estresse, maior é a gravidade da injúria por frio. A injúria por frio pode ter um desenvolvimento rápido ou gradual. Durante o processo algumas funções isoladas são limitadas ou totalmente impedidas, sendo esta situação seguida de distúrbios irreversíveis (LARCHER, 2006), devido ao comprometimento das biomembranas e ao colapso do metabolismo (PAIVA e OLIVEIRA, 2006). Quando isso acontece, frequentemente são observados sintomas (Skog, 1998).

Entre os principais sintomas de injúria por frio, observados em flores, destacam-se: descoloração de órgãos ou partes da planta, acelerada perda de água pelos tecidos, lesões necróticas e extravasamento celular (Nowak e Rudinick, 1990; Reid, 1991). As alterações na membrana celular podem ser a principal causa dos sintomas de injúria por frio (Wang, 1995; Skog, 1998). Essas alterações resultam em várias respostas secundárias, tais como: produção de etileno; aumento da respiração; perda da integridade da membrana celular; extravasamento de íons e metabólitos; variações na atividade enzimática; redução da fotossíntese; acúmulo de componentes tóxicos e alteração da estrutura celular (Kays, 1991; Skog, 1998; Larcher, 2006).

A caracterização dos sintomas de injúria por frio é de grande importância, uma vez que a perda de qualidade de flores tropicais durante e após o transporte refrigerado pode ser relacionado a este fato ou a fatores de pré-colheita e colheita, sendo a responsabilidade e

prejuízos atribuídos ao produtor por inadequação da qualidade do produto. Conhecer as exigências fisiológicas da espécie para o adequado transporte refrigerado auxiliará o setor produtivo neste mercado competitivo.

À semelhança da injúria por frio, o processo de senescência provoca uma série de mudanças fisiológicas em células ou tecidos vegetais, como a redução da massa fresca provocada pela perda de água (Mayak, 1987) e da permeabilidade da membrana (Rubinstein, 2000), sendo ainda, o processo que marca o fim da vida da flor. A distinção entre senescência e injúria por frio permitirá o desenvolvimento de técnicas adequadas para avaliação da manutenção da qualidade de hastes florais de helicônias sob refrigeração. Por isso, faz-se necessário diferenciar os sintomas de senescência dos sintomas de injúria por frio, os quais ainda não foram descritos para duas das cultivares mais comercializadas de *Heliconia bihai*, a cv. Lobster Claw e cv. Halloween.

Este trabalho objetivou identificar e caracterizar os sintomas e os aspectos fisiológicos da injúria por frio e do processo de senescência em hastes florais de *H. bihai* cv. Lobster Claw e cv. Halloween, submetidas a duas condições de temperatura (6,5°C e 24°C) e cinco períodos de armazenamento (zero, dois, quatro, seis e oito dias).

2. Material e Métodos

2.1. Material vegetal e tratamentos

As hastes florais foram colhidas em uma área de cultivo irrigado (microaspersão) da Fazenda Atlantis, localizada no município de Paulista – PE, Brasil, na Zona da Mata Norte, latitude 7°56'Sul, longitude 34°55' Oeste e altitude de 14 m, na microrregião do Recife.

O experimento foi conduzido no Laboratório de Floricultura da UFRPE, no período de março a abril de 2008. Hastes florais de *H. bihai* cv. Lobster Claw (LC) e cv. Halloween (HW) foram colhidas em ponto de corte comercial, com uma a quatro brácteas abertas, no início da manhã. Logo após a colheita, foi realizada a limpeza das hastes florais (retirada das flores do interior das brácteas), lavagem, padronização do comprimento total das hastes em 80 cm e etiquetagem. As hastes florais permaneceram em hidratação, no ambiente de laboratório, com as bases imersas em água destilada, até a submissão aos tratamentos, aproximadamente 20 horas após a colheita. Esse tempo foi considerado como o período zero de avaliação.

Os experimentos foram conduzidos de forma idêntica para ambas cultivares (cv. LC e cv. HW) e as hastes florais foram submetidas aos seguintes tratamentos: hastes florais mantidas sem refrigeração (SR) com a base imersa em água destilada no ambiente do laboratório, à temperatura média do ar (Tm) de 24°C, umidade relativa média do ar (URm) de 66% e luminosidade de 133,9 lux (HOBO RH/Temp/Lum, Onset Computers Co.,

Massachusetts, USA); e hastes florais da cv. LC e cv. HW mantidas com refrigeração (CR) à 6,5°C (Tm) e URm 85%, em refrigerador (Springer) tipo expositor. As avaliações foram feitas nos períodos: zero, dois, quatro, seis e oito dias após o armazenamento. A temperatura de 6,5°C foi utilizada na refrigeração com o objetivo de provocar sintomas de injúria por frio nas inflorescências. As hastes florais mantidas com refrigeração foram embaladas em caixas de papelão (0,85 x 0,20 x 0,50 m). As hastes florais mantidas sem refrigeração foram avaliadas sempre que houve retirada de hastes florais de cada tratamento do refrigerador e, após a retirada do refrigerador, as hastes foram mantidas em recipientes plásticos (capacidade 250 mL) com água destilada (150 mL), por 24 horas, para avaliar os sintomas de injúria por frio.

2.2. Percentagem de massa fresca

A massa fresca (MF) foi avaliada em quatro hastes florais por repetição, em três repetições, e foi calculada a partir do valor inicial igualado a 100. As hastes florais foram pesadas em balança (digital marca Marconi AS 500C) e os dados foram expressos em percentagem em relação ao peso inicial das hastes florais.

2.3 Intensidade de cor das brácteas e avaliação dos sintomas de senescência e injúria por frio nas inflorescências

A intensidade de cor foi determinada em colorímetro (CR-10 Konica Minolta) operando em sistema CIELab, calibrado com a cor branca. As leituras foram realizadas em quatro hastes florais por repetição, encostando o sensor do aparelho à superfície da base do ponteiro (que neste trabalho são as brácteas fechadas da inflorescência), sendo: L* = leitura colorimétrica de luminosidade, que é representada pelo intervalo de preto (escurecimento) a branco (claridade); a* = leitura colorimétrica do intervalo entre a cor verde (-a) e a vermelha (+a); e b* = leitura colorimétrica do intervalo entre a cor azul (-b) e a amarela (+b) (McGuire, 1992).

Em ensaio preliminar foram observados sintomas de senescência e injúria por frio nas inflorescências das cultivares em estudo. A partir dessas observações, foram elaboradas as escalas de notas para avaliar os sintomas de senescência e o grau de injúria por frio. As escalas de notas são resultado deste trabalho, por isso estão citadas no item resultados e discussão.

2.4. Integridade absoluta da membrana celular e teor de potássio extravasado

A percentagem de integridade absoluta da membrana celular (PIA) e o teor de potássio extravasado (TPE) foram avaliados em uma haste floral de cada repetição. A PIA foi avaliada através do extravasamento de eletrólitos medido com condutímetro (LFT 613T, Schott Geratie), a partir de três discos de 10 mm de diâmetro retirados a partir da segunda bráctea abaixo do ponteiro, na parte mediana da bráctea. Os discos permaneceram em tubos de ensaio, imersos em 30 mL de água destilada por 24 h, quando então foi realizada a primeira leitura, condutividade livre (CL). Em seguida, os tubos de ensaio permaneceram em banho-maria por 1 h, a 100°C, quando foi realizada a segunda leitura, condutividades total (CT). A partir desses dados foi calculada a percentagem de integridade absoluta conforme a equação: $PIA = (1 - CL / CT) \times 100$ (Azevedo et al., 2008).

O teor de potássio extravasado (TPE) foi medido em fotômetro de chama (Benfer, BFC 150), a partir de três discos de 10 mm retirados do tecido das brácteas. Os discos permaneceram em imersão por 24 h em 30 mL de água destilada, quando foi realizada a leitura. O teor de potássio foi expresso em $g.kg^{-1}$ MF.

2.5 Delineamento experimental e análise estatística

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com 10 tratamentos em arranjo fatorial 2 (com e sem refrigeração) x 5 (zero, dois, quatro, seis e oito dias de armazenamento), com três repetições. Cada repetição foi constituída de quatro hastes florais por parcela, para as análises de MF e intensidade de cor das brácteas, e de uma haste floral por parcela, para as análises de PIA e TPE. Para cada cultivar foi realizado um experimento em separado. Os dados foram interpretados por meio de análise de variância, as médias de cada cultivar foram comparadas utilizando-se o teste de Tukey, adotando-se nível de 5% de probabilidade e foi realizada correlação simples entre as variáveis.

3. Resultados e Discussão

Os sintomas iniciais de senescência nas hastes florais mantidas sem refrigeração (SR), observados nas extremidades das brácteas na forma de ressecamento, ocorreram no segundo dia após a colheita para a cv. Lobster Claw (LC) e no quarto dia para a cv. Halloween (HW) (Fig. 1B, 1F, 2B e 2F). O ressecamento avançou em direção à base da bráctea e das bordas, entre o quarto e sexto dia (Fig. 1C, 1G, 2C e 2G). A perda de massa fresca das hastes florais (Tabela 1) ao longo dos dias, na cv. LC e na cv. HW, provavelmente devido à transpiração, promoveu a desidratação do tecido das brácteas que apresentou coloração parda, com perda

de turgência e brilho, entre o sexto e o oitavo dia (Fig. 1D, 1H, 2D e 2H) e, posteriormente, adquiriu coloração escura seguida de necrose.

O ressecamento da extremidade da bráctea e o escurecimento da base da mesma são descritos como sintomas de senescência em helicônia (Paull, 1991). Em *Alpinia purpurata* a senescência foi caracterizada pela perda de água, escurecimento das brácteas e curvatura das inflorescências (Mattiuz et al., 2003). Em *Zingiber spectabilis* (sorvetão) foi observada como sintoma de senescência, nas regiões apical, mediana e basal das inflorescências, a redução na turgescência, associada à rachadura, com início da inclinação da base da inflorescência (Santos et al., 2008).

A injúria por frio nos tecidos da cv. LC manifestou-se, primeiramente, como manchas levemente escuras na junção da ráquis com a bráctea (Fig. 1I). Essas manchas evoluíram para uma tonalidade mais forte (Fig. 1J), às vezes adquirindo um aspecto de queima (Fig. 1K) e, depois, para manchas necróticas (Fig. 1L) e até depressão do tecido. Os sintomas de injúria por frio na cv. HW manifestaram-se, inicialmente, na junção da ráquis com a bráctea, como manchas levemente escuras ou descoloração do tecido (Fig. 2I). Em seguida, as brácteas apresentaram manchas pardas (Fig. 2J) que evoluíram para a tonalidade marrom (Fig. 2K), que adquiriu aspecto de queima (Fig. 2L).

No gênero *Heliconia*, Halevy et al. (1978) observaram escurecimento de brácteas e flores e Mattiuz et al. (2005), abscisão floral e perda de firmeza da inflorescência na espécie *H. psittacorum* ‘Sassy’. Em *Strelitzia reginae*, Finger et al. (2003) observaram sintoma de injúria por frio caracterizado por descoloração e escurecimento das brácteas e sépalas. Já em *Curcuma alismatifolia* (curcuma, açafraão-da-conchinchina, tulipa ou tulipa do sião), Bunyatichart et al. (2004) observaram ressecamento e mudança da coloração das brácteas de rosa para violeta escuro, amarelecimento das brácteas verdes, deformação de botões e flores, além de ausência de abertura de botões.

A partir da avaliação visual dos sintomas de senescência da cv. LC e cv. HW foi elaborada a seguinte escala de notas: Nota 4: Excelente – inflorescência com brilho e sem ressecamento nas extremidade das brácteas (Fig. 1A, 1E, 2A e 2E); Nota 3: Boa – inflorescência com brilho e ressecamento na extremidade das brácteas (< 1,0 cm) (Fig. 1B, 1F, 2B e 2F); Nota 2: Regular – inflorescência com ressecamento nas extremidade (entre 1 e 5,0 cm) ou bordas das brácteas e aparência geral boa (Fig. 1C, 1G, 2C e 2G); Nota 1: Ruim – inflorescência sem turgidez, sem brilho e com ressecamento ou escurecimento nas brácteas (> 5,0 cm) (Fig. 1D, 1H, 2D e 2H).

A escala de notas elaborada para sintomas de injúria por frio a partir da avaliação

visual de ambas cultivares, foi a seguinte: Nota 4: Sem injúria – brácteas sem mancha (Fig. 1A e 2A); Nota 3: Injúria leve – brácteas levemente manchadas (Fig. 1J e 2J); Nota 2: Injúria moderada – brácteas com manchas acentuadas (Fig. 1I, 1K 2I e 2K) e Nota 1: Injúria severa – brácteas com manchas muito acentuadas (Fig. 1L e 2L).

As hastes florais das cultivares mantidas sem refrigeração, avaliadas com a escala de notas para senescência, apresentaram redução da qualidade visual ao longo dos dias, atingindo nota igual ou inferior a 2,0 após seis dias (Fig. 3). As hastes florais da cv. LC apresentaram nota 3,0 para injúria por frio quando mantidas com refrigeração por quatro dias e para a cv. HW por quatro e seis dias. O grau de injúria por frio das hastes florais foi diretamente proporcional ao período de armazenamento sob refrigeração para ambas cultivares (Fig. 3) e os sintomas se agravaram durante as 24 horas de observação após a retirada.

De acordo com Skog (1998), os sintomas de injúria por frio podem ocorrer imediatamente ou vários dias após a retirada do material vegetal da baixa temperatura. Em *Pachyrhizus erosus* cv. Cristalina (jicama), armazenada a 20°C, o escurecimento foi atribuído ao processo de dano no tecido, no qual a enzima peroxidase está envolvida (Aquino-Bolânos e Mercado-Silva, 2004). A deterioração da membrana celular favorece a oxidação provocando o escurecimento do tecido (Jiang et al., 2004).

A redução da massa fresca (MF) foi progressiva nas hastes florais da cv. LC e da cv. HW, para ambos tratamentos (SR e CR) (Tabela 1). As hastes florais que foram mantidas com refrigeração apresentaram maior MF após a retirada do armazenamento do que as hastes florais que não foram submetidas à refrigeração, independente do período de armazenamento (Tabela 1). Houve correlação entre a MF e nota de avaliação visual de 0,84** para a cv. LC, e de 0,85** para a cv. HW, indica que a melhor qualidade visual foi observada em hastes florais com maior matéria fresca. A menor MF nas hastes florais mantidas sem refrigeração reflete, possivelmente, a menor umidade relativa (66%) do ambiente de laboratório no qual as mesmas foram mantidas, quando comparadas às hastes florais mantidas com refrigeração, embaladas em caixas, onde a umidade relativa foi de 85%. A alta umidade relativa é recomendada para evitar a dessecação dos tecidos (Corbineau, 1989) e a perda de água, que reduz a massa fresca, é uma das mudanças fisiológicas que provoca o processo de senescência (Mayak, 1987). Por outro lado, inflorescências de *Grevillea* ‘Sylvia’, armazenadas a $22 \pm 1^\circ\text{C}$ e UR que variou de 44 a 82%, tiveram menor massa fresca durante a vida em vaso em relação às inflorescências não armazenadas (Joyce et al., 2000).

Observou-se no tratamento com refrigeração (CR) que houve escurecimento do tecido das brácteas a partir do sexto dia para a cv. LC (38,84) e do quarto dia para a cv. HW (53,57)

(Tabela 2), devido a ocorrência de injúria por frio. Apesar da injúria por frio ter sido observada, na cv. LC, a partir do quarto dia de armazenamento (Fig. 3), a redução no valor de L^* só foi significativa a partir do sexto dia. As inflorescências da cv. LC do tratamento sem refrigeração (SR), não apresentaram alteração na luminosidade da cor (L^*), ao longo dos dias, indicando que não houve escurecimento ou clareamento do tecido das brácteas durante o processo de senescência. Para as inflorescências da cv. HW houve clareamento do tecido a partir do quarto dia (Tabela 2).

Em relação à intensidade da cor vermelha (a^*) nas inflorescências, houve redução ocasionada pela refrigeração e pelo período de armazenamento (Tabela 3). A redução da cor vermelha para a cv. LC ocorreu a partir do quarto dia de armazenamento (+51,89) e a partir do sexto dia para a cv. HW (+38,36). Nas hastes florais mantidas sem refrigeração, observou-se redução dos valores de a^* , apenas para a cv. HW a partir do segundo dia de avaliação (Tabela 3), embora, tenha-se mantido a qualidade visual excelente, avaliada com a escala de notas (Fig. 3).

A intensidade de amarelo (b^*) foi reduzida em função da refrigeração para a cv. LC e cv. HW a partir do quarto dia (+30,43) e (+37,86), respectivamente. Para a cv. LC a redução foi maior a partir do sexto dia e para a cv. HW foi maior no oitavo dia, em relação aos demais períodos de armazenamento, indicando que houve agravamento do sintoma de injúria por frio com o aumento do tempo de armazenamento. Foi observada alteração na intensidade de amarelo apenas nas inflorescências da cv. HW, mantidas sem refrigeração (Tabela 4). As alterações nos valores das variáveis colorimétricas na cv. HW podem estar relacionadas com a abertura das brácteas do ponteiro durante o período de avaliação.

A percentagem de integridade absoluta da membrana celular (PIA) do tecido das brácteas das inflorescências da cv. LC e cv. HW mantidas sem refrigeração não variou (Tabela 5), indicando que durante o processo de senescência não ocorreram alterações na membrana. Em rosas Halevy et al. (2001), observaram durante o processo de senescência de pétalas de rosas, que houve um declínio constante no conteúdo protéico e de fosfolipídeos, devido a alterações na membrana, que resulta no extravasamento de eletrólitos, tornando-se um indicador do processo de senescência. A refrigeração das hastes florais de ambas cultivares por seis e oito dias induziu uma queda na PIA (Tabela 5), que coincidiu com o aumento no agravamento da injúria por frio refletido no aspecto visual das inflorescências, avaliadas com a escala de notas (Fig. 3). Esses resultados confirmam que o período de armazenamento e a temperatura de 6,5°C influenciaram na alteração da permeabilidade da membrana e no extravasamento de eletrólitos, que foram respostas fisiológicas evidenciadas

pela visualização dos sintomas de injúria por frio. Para diferentes cultivares de ameixa, em armazenamento de curto período, Candan et al. (2008) observaram a existência de relação positiva entre a intensidade de extravasamento de íons e a incidência de injúria por frio.

O decréscimo da PIA no tecido das brácteas da cv. LC mantidas com refrigeração foi da ordem de 28,70%, aos seis dias, e de 39,90%, aos oito dias. Para a cv. HW o decréscimo na integridade da membrana celular foi da ordem de 27% aos seis dias e de 39% aos oito dias. A perda da integridade da membrana celular pode ser a principal causa da injúria por frio (Skog, 1998). Essa alteração resulta em respostas secundárias como extravasamento de íons e metabólitos (Kays, 1991; Skog, 1998; Larcher, 2006). Em frutos de mamão, observou-se redução da PIA de 42,83%, antes do pico climatérico, para 5,24%, durante o amadurecimento (Azevedo et al., 2008). O aumento do extravasamento de eletrólitos observados, em frutos de mamão, pode ser uma expressão do amadurecimento e da senescência programada. Em ramos de manjerição submetidos a 5°C, durante cinco dias, foi observado o aumento do extravasamento de eletrólitos, ainda que esse extravasamento não estivesse associado ao aparecimento dos sintomas visuais de injúria por frio (Messias, 2006).

As hastes florais de ambas as cultivares de helicônia, mantidas sem refrigeração não apresentaram aumento no teor de potássio extravasado (TPE) até os oito dias de avaliação. Observou-se em ambas as cultivares, mantidas com refrigeração, maiores teores de potássio extravasado em relação aos tratamentos mantidos sem refrigeração (Tabela 6). O aumento do teor de potássio extravasado evidencia o agravamento dos sintomas de injúria por frio nas inflorescências (Fig. 4), sobretudo após o sexto dia de armazenamento.

O efeito da refrigeração sobre a PIA refletiu-se no aumento do teor de potássio extravasado nas hastes florais de ambas cultivares (Tabela 6), o que foi confirmado pela correlação entre a PIA e o TPE da cv. LC (-0,9531**) e cv. HW (-0,8866**). Nas hastes florais da cv. LC e da cv. HW mantidas com refrigeração, que apresentaram maior redução na integridade membranar, a perda de potássio por extravasamento no sexto e oitavo dia de armazenamento foi superior em comparação com os demais períodos. Quando comparadas às hastes florais mantidas sem refrigeração, observou-se que o extravasamento de potássio na cv. LC foi superior a quatro vezes e na cv. HW quadruplicou. Esses resultados foram compatíveis com o agravamento da injúria por frio, nota 2,0 (Fig. 3), demonstrando a sensibilidade dessas cultivares ao frio não parece necessária (Fig. 4). O extravasamento de íons em *Heliotropium arborescens* e *Lantana camara*, espécies ornamentais, aumentou gradualmente quando foram armazenadas em temperaturas entre 6 e 2°C. Em *Lantana* esse aumento foi proporcional ao aumento da injúria por frio (Friedman e Rot, 2006). Segundo Larcher (2006), quanto menor for a temperatura e maior for a duração do tempo de exposição, maior é a extensão da injúria.

4. Conclusões

Observa-se em *Heliconia bihai* cv. Lobster Claw e cv. Halloween:

Os sintomas de injúria por frio são visualmente diferentes dos sintomas decorrentes do processo de senescência.

As hastes florais mantidas à temperatura de 6,5°C apresentam maior massa fresca em relação às hastes florais mantidas sem refrigeração.

As inflorescências com sintoma de injúria por frio apresentam alteração de coloração com o aumento do período de armazenamento à temperatura de 6,5°C.

A coloração das inflorescências da cultivar LC mantidas sem refrigeração não altera durante o processo de senescência.

Ocorre perda da integridade da membrana celular das brácteas à temperatura de 6,5°C, contribuindo para o aumento do extravasamento de potássio dos tecidos, fato não observado durante o processo de senescência nas hastes florais mantidas sem refrigeração.

Agradecimentos

À CAPES, CNPq e FACEPE/PROMATA pelo suporte financeiro ao projeto, à empresa Atlantis pela doação do material vegetal, e aos estagiários do Laboratório de Floricultura da UFRPE pela colaboração na execução do experimento.

Referências

- AZEVEDO, I.G.; OLIVEIRA, J.G.; SILVA, M.G. da; PEREIRA, T.; CORRÊA, S.F.; VARGAS, H.; FAÇANHA, A.R., 2008. P-type H⁺-ATPases activity, membrane integrity, and apoplastic pH during papaya fruit ripening. *Postharvest Biol. Technol.* 48, 242–247.
- ANUÁRIO BRASILEIRO DAS FLORES 2006., 2006. REETZ, E.R. ... et al.. Editora Gazeta Santa Cruz. Santa Cruz do Sul. 107p.
- ANUÁRIO BRASILEIRO DAS FLORES 2007., 2007. REETZ, E.R. ... et al.. Editora Gazeta Santa Cruz. Santa Cruz do Sul. 112p.
- AQUINO-BOLAÑOS, E.N.; MERCADO-SILVA, E., 2004. Effects of polyphenol oxidase and peroxidase activity, phenolics and lignin content on the browning of cut jicama. *Postharvest Biol. Technol.* 33, 275–283.
- BERRY, F.; KRESS, W.J., 1991. *Heliconia: An identification guide*, Smithsonian Institution Press. Washington and London, 334.

- BUNYA-ATICHART, K.; KETSA, S. DOORN, W.G., 2004. Postharvet physiology of *Curcuma alismatifolia* flowers. *Postharvest Biol. Technol.* 34, 219-226.
- CANDAN, A. P.; GRAELL, J.; LARRIGAUDI'ERE, C., 2008. Roles of climacteric ethylene in the development of chilling injury in plums. *Postharvest Biol. Technol.* 47, 107–112.
- CASTRO, C. E. F.; MAY, A.; GONÇALVES, C., 2006. Espécies de helicônia como flores de corte. *Rev. Bras. Hort. Ornamen.* 12, 87-96.
- CHITARRA, M.L.F.; CHITARRA, A.B., 2005. Pós-colheita de frutas e hortaliças fisiologia e manuseio, Lavras, 785.
- CORBINEAU, F., 1989. The cooling of flowers and plants. In: *International floriculture quarterly report* 1, 30-44.
- FINGER, F.L.; MORAES, P.J. de; BARBOSA, J.G.; GROSSI, J.A.S., 2003. Vase Life of Bird-of-Paradise Flowers Influenced by Pulsing and Term of Cold Storage, *Acta Hort.* 628, 863-867.
- FRIEDMAN, H.; ROT, I., 2006. Characterization of chilling injury in *Heliotropium arborescens* and *Lantana camara* cuttings. *Postharvest Biol. Technol.* 40, 244-249.
- GORSEL, R.V., 1994. Postharvest technology of imported and trans-shipped tropical floricultural commodities. *HortScience.* 29, 979-981.
- HALEVY, A.H.; KOFRANEK, A.M.; BESEMER, S.T., 1978. Postharvest handling methods for paradise flowers (*Strelitzia reginae* AIT.). *J. Am. Soc. Hort. Sci.*, Alexandria, 103, 165-169.
- HALEVY, A.H.; TORRE, S.; BOROCHOV, A.; PORAT, R.; PHILOSOPH-HADAS, S.; MEIR, S.; FRIEDMAN, H., 2001. Calcium in regulation of postharvest life of flowers. *Acta Hort.* 543, 345-351.
- JIANG, Y.; DUAN X.; JOYCE D.; ZHANG Z.; LI, J., 2004. Advances in understanding of enzymatic browning in harvested litchi fruit. *Food Chem.* 88, 443–446.
- JOYCE, D.C.; MEARA, S.A.; HETHERINGTON, S.E.; JONES, P., 2000. Effects of cold storage on cut *Grevillea* 'Sylvia' inflorescences. *Postharvest Biol. Technol.* 18, 49-56.
- KAYS, S.J., 1991. *Postharvest Physiology of Perishable Plant Products*. New York, 531.

- LARCHER, W., 2006. *Ecofisiologia Vegetal*. São Carlos, SP, 550.
- MATTIUZ, C.F.M.; RODRIGUES, T.J.D.; PIVETTA, K.F.L.; MATTIUZ, B.H., 2003. Water Relations of Cut Inflorescences of *Alpinia purpurata* treated with seven pulsing solutions. *Acta Hort.* 683, 363-368.
- MATTIUZ, C.F. M.; MATTIUZ, Ben-Hur; DURIGAN, M.F.B.; RODRIGUES, T.J.D.; BONACIN, G.A., 2005. Efeito do armazenamento refrigerado em inflorescências cortadas de *Heliconia psittacorum* 'Sassy'. *Hort. Bras.* 23, 562.
- MAYAK, S. Senescence of cut flowers. 1987. *HortScience.* 22, 863-865.
- McGUIRE, R.G. 1992. Reporting of objective color measurements. *HortScience.* 27, 1254-1255.
- MESSIAS, U.; GALVÃO, H.L.; FINGER, F.L.; OLIVEIRA, J.A. de; CORRÊA, P.C., 2006. Resposta pós-colheita do manjeriço à indução da injúria por frio. *Rer. Bras. Armaz.* 31, 103-108.
- NOWAK, J.; RUDNICKI, R.M., 1990. Postharvest handling and storage of cut flowers, florist greens and potted plant. Portland, USA. 210.
- PAIVA, R.; OLIVEIRA, L.M., 2006. *Fisiologia e produção vegetal*. Lavras: UFLA, 104.
- PAULL, R.E., 1991. Postharvest handling of Hawaii cut flowers for export, In: The Hawaii tropical cut flower industry conference. University Hawaii Research Extension Series. p. 40-48.
- REID, M.S., 1991. Effects of low temperatures on ornamental plants. *Acta Hort.* 298, 215-223.
- REID, M.S., 2001. Advances in shipping and handling of ornamentals. *Acta Hort.* 543, 277-284.
- RUBINSTEIN, B., 2000. Regulation of cell death in flower petals. *Plant Mol. Biol.* 44, 303-318.
- SANTOS, M.H.L.C.; SANTOZ, E.E.F.; LIMA, G.P.P., 2008. Soluções conservantes em sorvetão pós-colheita. *Cienc. Rur.* 38, 2354-2357.

SKOG, L.J., 1998. Chilling Injury of Horticultural Crops. Horticultural Research Institute of Ontario. University of Guelph Factsheet. Disponível em: <http://www.omafra.gov.on.ca/english/crops/facts/98-021.htm#Figure%203>. Acesso em: 04 de set. 2008.

SONEGO, G.; BRACKMANN, A., 1995. Conservação pós-colheita de flores. Cienc. Rur. 25, 473-479.

WANG, C. Y., 1995. Effect of temperature preconditioning on catalase, peroxidase, and superoxide dismutase in chilled zucchini squash. Postharvest Biol. Technol. 5, 67-76.

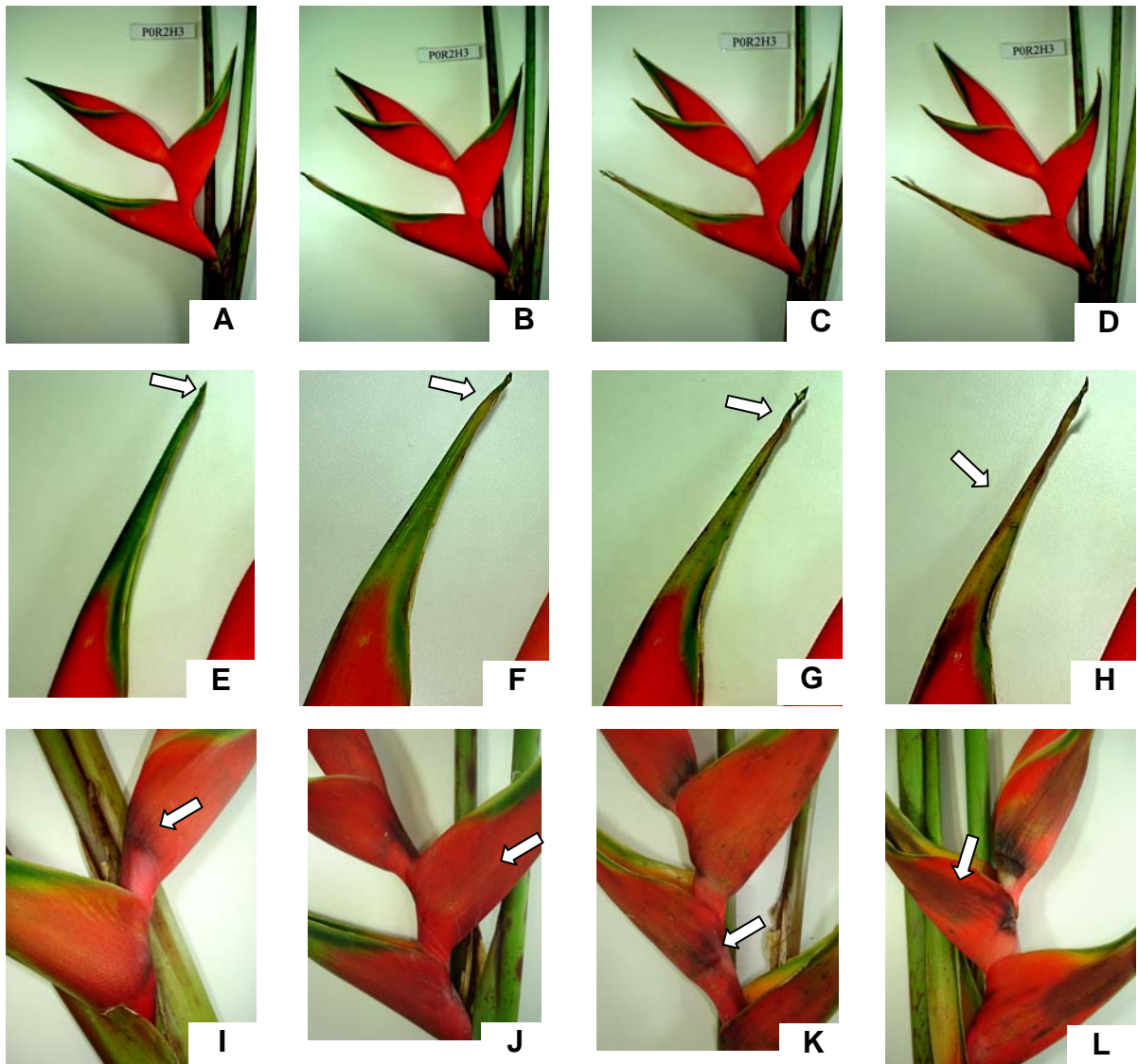


Fig. 1. Sintomas de senescência (aspecto geral – A a D e detalhe – E a H) em inflorescências de *H. bihai* cv. Lobster Claw mantidas sem refrigeração (24°C), e sintomas de injúria por frio (detalhe – I a L) em inflorescências mantidas com refrigeração (6,5°C). Recife – PE, Brasil. 2009.

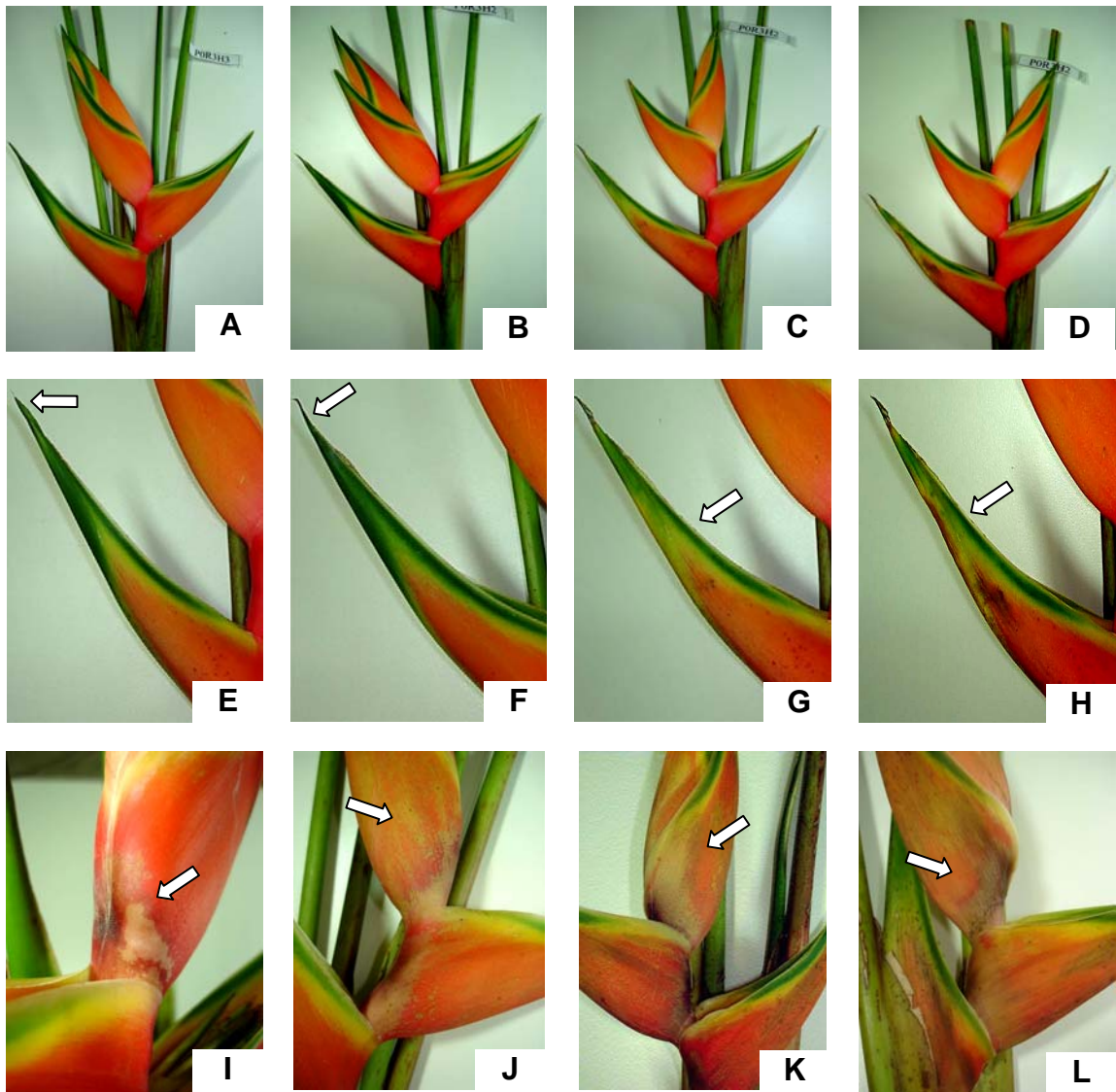
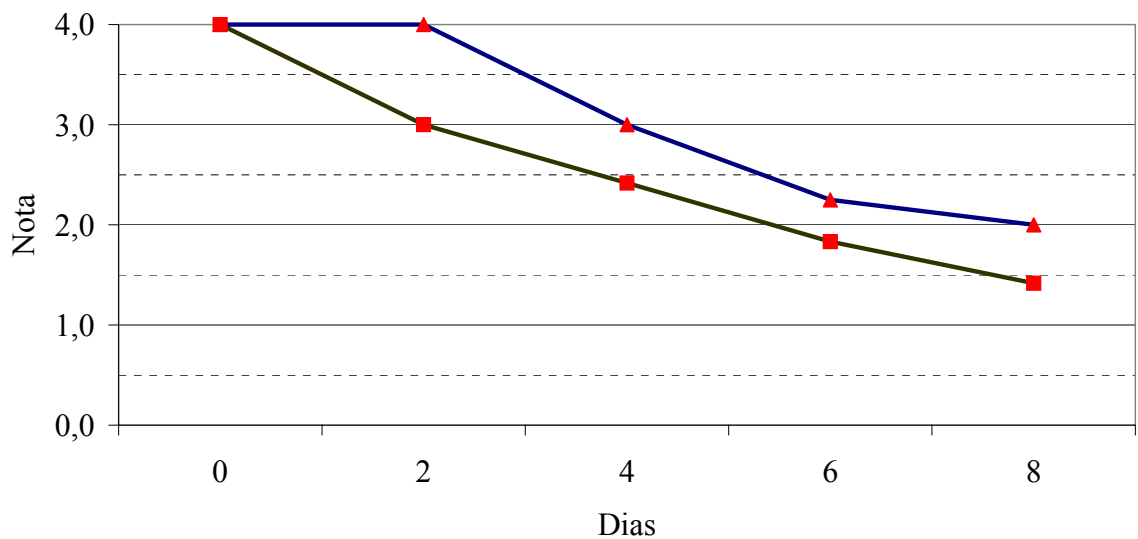
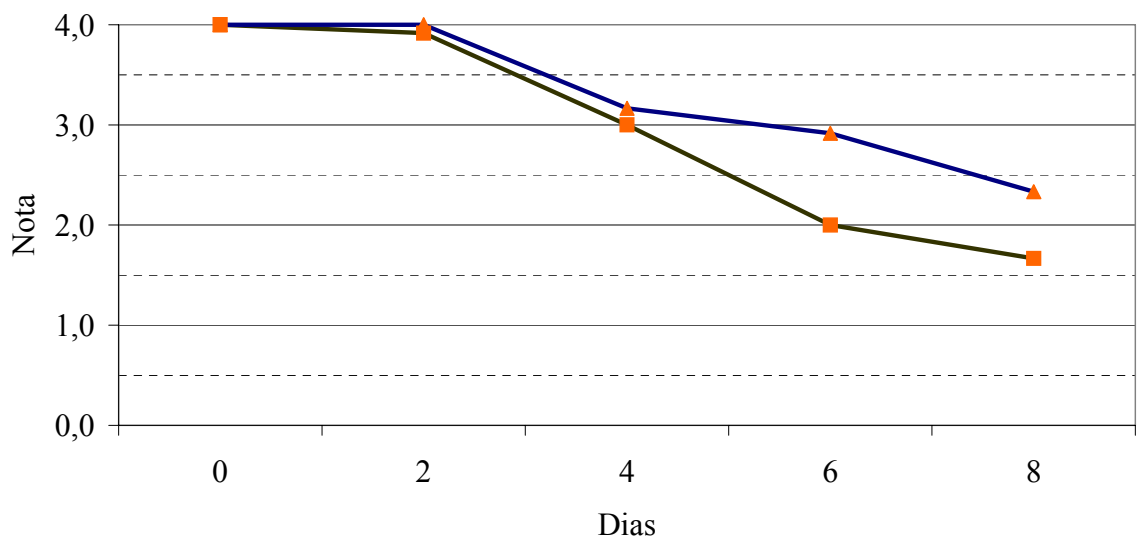


Fig. 2. Sintomas de senescência (aspecto geral – A a D e detalhe – E a H) em inflorescências *H. bihai* cv. Halloween mantidas sem refrigeração (24°C) e sintomas de injúria por frio (detalhe – I a L) em inflorescências mantidas com refrigeração (6,5°C). Recife – PE, Brasil. 2009.



(A)



(B)

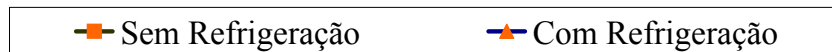


Fig. 3. Nota da avaliação da senescência, a cada dois dias, e da avaliação do grau de injúria por frio, após armazenamento, em hastas florais de *H. bihai* cv. Lobster Claw (A) e cv. Halloween (B) mantidas sem refrigeração (24°C) e mantidas com refrigeração (6,5°C). Recife – PE, Brasil. 2009.

Tabela 1

Percentagem de massa fresca (MF) de hastes florais de *H. bihai* cv. Lobster Claw e cv. Halloween sem refrigeração (SR a 24°C) e com refrigeração (CR a 6,5°C). Recife – PE, Brasil. 2009

Tratamento		Armazenamento (dias)				
		0	2	4	6	8
Lobster Claw	SR	100,00 Aa	94,03 Bb	92,19 Bb	89,95 Bc	86,98 Bd
	CR	100,00 Aa	96,62 Ab	95,36 Abc	94,19 Ac	93,83 Ac
CV. (%)		1,78				
Halloween	SR	100,00 Aa	95,84 Ab	93,30 Bc	91,90 Bc	89,41 Bd
	CR	100,00 Aa	97,01 Ab	95,43 Abc	94,07 Acd	93,15 Ad
CV. (%)		1,92				

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

Tabela 2

Intensidade de luminosidade (L*) das brácteas de hastes florais de *H. bihai* cv. Lobster Claw e cv. Halloween sem refrigeração (SR a 24°C) e com refrigeração (CR a 6,5°C). Recife – PE, Brasil. 2009

Cultivar		Armazenamento (dias)				
		0	2	4	6	8
Lobster Claw	SR	43,21 Aa	42,90 Aa	43,36 Aa	43,55 Aa	42,84 Aa
	CR	42,83 Aa	43,28 Aa	42,30 Aa	38,84 Bb	35,97 Bc
CV. (%)		5,75				
Halloween	SR	54,33 Ac	55,73 Abc	56,97 Aab	58,42 Aa	58,75 Aa
	CR	55,41 Aa	55,58 Aa	53,57 Bab	52,44 Bb	49,93 Bc
CV. (%)		3,77				

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

Tabela 3

Intensidade da cor vermelha (a*) das brácteas de hastes florais de *H. bihai* cv. Lobster Claw e cv. Halloween sem refrigeração (SR a 24°C) e com refrigeração (CR a 6,5°C). Recife – PE, Brasil. 2009

Tratamento	Armazenamento (dias)					
	0	2	4	6	8	
Lobster Claw	SR	+56,52 Aa	+57,64 Aa	+58,00 Aa	+56,71 Aa	+57,23 Aa
	CR	+56,18 Aab	+56,68 Aa	+51,89 Bb	+43,51 Bc	+42,41 Bc
CV. (%)	7,52					
Halloween	SR	+43,71 Aa	+42,81 Aab	+40,70 Abc	+39,85 Ac	+38,12 Ac
	CR	+42,48 Aa	+42,63 Aa	+42,03 Aa	+38,36 Ab	+34,66 Bc
CV. (%)	6,05					

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

Tabela 4

Intensidade da cor amarela (b*) das brácteas de hastes florais de *H. bihai* cv. Lobster Claw e cv. Halloween sem refrigeração (SR a 24°C) e com refrigeração (CR a 6,5°C). Recife – PE, Brasil. 2009

Tratamento	Armazenamento (dias)					
	0	2	4	6	8	
Lobster Claw	SR	+33,56 Aa	+34,68 Aa	+34,22 Aa	+33,89 Aa	+34,07 Aa
	CR	+34,76 Aa	+34,15 Aa	+30,43 Bb	+23,33 Bc	+20,42 Bc
CV. (%)	8,49					
Halloween	SR	+41,38 Ab	+43,28 Aab	+41,62 Ab	+44,62 Aa	+41,74 Ab
	CR	+42,26 Aa	+41,33 Aa	+37,86 Bb	+37,23 Bb	+31,81 Bc
CV. (%)	6,14					

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

Tabela 5

Percentagem de integridade absoluta da membrana celular (PIA) em hastes florais de *H. bihai* cv. Lobster Claw e cv. Halloween sem refrigeração (SR a 24°C) e com refrigeração (CR a 6,5°C). Recife – PE, Brasil. 2009

Tratamento	Armazenamento (dias)					
	0	2	4	6	8	
Lobster Claw	SR	79,41 Aa	78,99 Aa	83,68 Aa	82,93 Aa	82,70 Aa
	CR	78,95 Aa	73,37 Aab	80,18 Aa	56,26 Bbc	47,48 Bc
CV. (%)	9,99					
Halloween	SR	85,07 Aa	83,01 Aa	84,02 Aa	82,66 Aa	83,44 Aa
	CR	83,99 Aa	80,85 Aa	77,17 Aa	61,28 Bb	51,22 Bb
CV. (%)	7,62					

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

Tabela 6

Teor de potássio extravasado (TPE) g.kg⁻¹ MF, em tecidos de *H. bihai* cv. Lobster Claw e cv. Halloween sem refrigeração (SR a 24°C) e com refrigeração (CR a 6,5°C). Recife – PE, Brasil. 2009

Tratamento	Armazenamento (dias)					
	0	2	4	6	8	
Lobster Claw	SR	0,52 Aa	0,87 Aa	0,57 Aa	0,83 Ba	0,62 Ba
	CR	0,50 Ab	0,89 Ab	0,93 Ab	2,46 Aa	2,73 Aa
CV. (%)	15,45					
Halloween	SR	0,59 Aa	0,42 Aa	0,30 Ba	0,57 Ba	0,32 Ba
	CR	0,50 Ac	0,48 Ac	0,67 Ac	1,38 Ab	2,07 Aa
CV. (%)	12,41					

Médias seguidas da mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna não diferem entre si ao nível de 5% pelo teste de Tukey. Para efeito da análise de variância os dados foram transformados em log 10x.

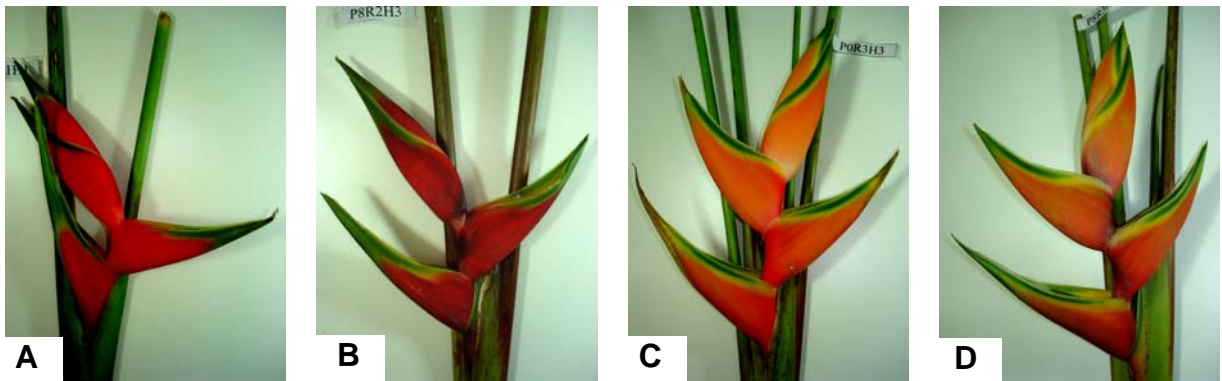


Fig. 4. Aspecto geral dos sintomas de senescência e injúria por frio em hastes florais de *H. bihai* cv. Lobster Claw (A e B) e cv. Halloween (C e D). Hastes florais sem refrigeração (24°C) aos oito dias após a colheita (A e C) e com refrigeração (6,5°C) após armazenamento por oito dias (B e D). Recife – PE, Brasil. 2009.

**Armazenamento de hastes florais de
Heliconia bihai (L.) cv. Lobster Claw sob baixa temperatura**

Resumo

1. Introdução

2. Material e métodos

2.1 Material vegetal

2.2 Acompanhamento da qualidade visual pós-colheita

2.3 Percentagem de massa fresca

2.4 Mensuração da intensidade de cor das brácteas

2.5 Mensuração da atividade específica da enzima peroxidase

2.6 Delineamento experimental e análise estatística

3. Resultados e Discussão

4. Conclusões

Agradecimentos

Referências

Cópia do Manuscrito será enviada para publicação no periódico *Postharvet Biology and Technology*. O texto está formatado de acordo com as normas da revista, com exceção das figuras e tabelas que foram inseridas no final do tópico resultados e discussão.

**Armazenamento de hastes florais de
Heliconia bihai (L.) cv. Lobster Claw sob baixa temperatura**

**Andreza. S. Costa^{a*}, Luis Carlos Nogueira^b, Venézio F. dos Santos^c,
Fernando Luiz Finger^d, Vivian Loges^a, Lilia Willadino^e**

^a *Laboratório de Floricultura, Departamento de Agronomia,
Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), Pernambuco, CEP 52171-900, Brasil*

^b *Embrapa Tabuleiros Costeiros (CPATC), Sergipe, CEP 40025-040, Brasil*

^c *Empresa Pernambucana de Pesquisa Agropecuária (IPA), Pernambuco, CEP 50761-000, Brasil*

^d *Laboratório de Pós-colheita, Departamento de Fitotecnia,
Universidade Federal de Viçosa (UFV), Minas Gerais, CEP 36570-000, Brasil*

^e *Laboratório de Cultura de Tecidos Vegetais, Departamento de Biologia,
Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), Pernambuco, CEP 52171-900, Brasil*

Resumo

A conservação pós-colheita das hastes florais de helicônia é importante para o sucesso da comercialização desse produto, sobretudo no tocante à exportação. Neste trabalho foi avaliado o efeito do tempo máximo de armazenamento de hastes florais de *Heliconia bihai* cv. Lobster Claw em duas temperaturas (12°C e 19°C) e comparadas com a condição de ambiente de laboratório (25°C), por meio da qualidade visual, massa fresca, coloração das inflorescências e atividade da enzima peroxidase. A qualidade visual das inflorescências e redução da massa fresca das hastes foi progressiva ao longo dos dias em todos os tratamentos. Foram observados sintomas de injúria por frio nas inflorescências armazenadas em câmara fria a 12°C por seis e oito dias. A cor das brácteas, avaliada com as variáveis colorimétricas (L*, a* e b*), não variou em função da temperatura, do período de armazenamento e do processo de senescência. Nas hastes florais mantidas nas condições do ambiente do laboratório, observou-se, inicialmente, uma elevação na atividade da peroxidase e posterior decréscimo. A elevada atividade da peroxidase, dois dias após o corte, em todos os tratamentos, sugere uma reação ao estresse induzido pelo corte. Após esse período, não foi observada uma tendência padrão para a atividade da peroxidase no tecido das brácteas, independente da temperatura e do tempo de armazenamento. A temperatura de 12°C não é indicada para armazenamento de hastes florais de *H. bihai* cv. Lobster Claw por mais de quatro dias. A temperatura de 19°C é indicada para o armazenamento de hastes florais de *H. Bihai* cv. Lobster Claw por até oito dias.

Palavras-chave: Colorimetria, flores tropicais, injúria por frio, massa fresca, senescência, vida em vaso.

Abstract

Postharvest conservation of heliconia cut flowers is an important factor for the success of its commercialization, mainly for export. In this study it was evaluated the maximum storage time of flowering stems of *Heliconia bihai* cv. Lobster Claw two different temperatures (12°C and 19°C), compared to laboratory conditions (25°C), for the variables visual quality, fresh weight, color of inflorescences and activity of peroxidase enzyme. The visual quality of inflorescences and the fresh weight of all treatments decreased with time. Symptoms of chilling injury were observed on the inflorescences stored at 12°C during six and eight days. Color of bracts, as evaluated by colorimetric readings (L*, a* and b*), was not affected by temperature, storage period, and senescence process. For the inflorescences kept in laboratory conditions, the peroxidase activity increased initially and subsequently decreased. The elevated peroxidase activity two days after stem cutting in all treatments suggests a reaction to the cutting induced stress. After two days, peroxidase activity in the bract tissue did not

follow any standard trend as a function of temperature and storage time. Results indicated that the temperature of 12°C is not recommended for storage time longer than four days for inflorescences of *H. bihai* cv. Lobster Claw. Temperature of 19°C is recommended for storage time up to eight days for inflorescences of *H. bihai* cv. Lobster Claw.

Key words: Chilling injury, colorimetry, fresh weight, senescence, tropical flower, vase life.

* Autor para contato. Tel.: 55 + (81) 3320-6250

Fax: 55 + (81) 3320-6247

E-mail: andreza.costa@gmail.com; v.loges@depa.ufrpe.br

1. Introdução

Muitas espécies do gênero *Heliconia* (família Heliconiaceae), encontradas em todas as regiões tropicais do mundo, são conhecidas devido a sua popularização como flor de corte e para paisagismo (Berry e Kress, 1991). As helicônias destacam-se na comercialização como flor de corte devido à beleza de suas brácteas que apresentam grande diversidade de formato e cores exuberantes (Castro et al., 2006). *Heliconia bihai* foi considerada uma espécie “muito adequada” para a comercialização como flor de corte de acordo com os critérios de facilidade de manuseio, embalagem, resistência das inflorescências ao transporte, rigidez da haste e longevidade floral (Castro et al., 2006), além da produção de algumas cultivares durante o ano todo. Devido a estes fatores as cultivares de *H. bihai* estão entre as espécies de helicônias de corte mais comercializadas no mercado nacional e internacional.

Na pós-colheita as flores estão sujeitas a alterações na absorção de água, transpiração, massa fresca e potencial hídrico, que afetam a qualidade e a longevidade. A manutenção de flores e folhagem sob baixa temperatura precisa ser adotada pelos produtores, distribuidores e varejistas (Silva, 2003), por ser um tratamento pós-colheita importante para a manutenção da qualidade destes produtos, uma vez que, o frio diminui a perda de água, retarda a senescência e a deterioração dos tecidos devido à redução do metabolismo (Reid, 1991) e do calor causados pela respiração dos tecidos, resultando em maior durabilidade (Silva, 2003). A temperatura também é importante para a conservação da cor dos produtos hortícolas que é o atributo de qualidade mais atrativo para o consumidor (Chitarra e Chitarra, 2005), além de ser um dos parâmetros utilizados na avaliação da qualidade após a colheita (Kays, 1991),

A redução da temperatura no armazenamento pós-colheita é geralmente benéfica, mas o uso de temperaturas abaixo do limite tolerado pela espécie pode causar efeitos prejudiciais (Reid, 1991). Temperaturas inadequadas durante a comercialização são os principais fatores de perda da qualidade e redução da vida em vaso de flores de corte (Reid, 2001) e se constitui na maior causa de descarte de flores.

A exposição inadequada à baixa temperatura causa desordens fisiológicas, denominadas injúria por frio (Skog, 1998). O grau da injúria por frio sofrido por uma planta, ou seus órgãos, depende da temperatura à qual é exposta, da duração da exposição e da sensibilidade de cada genótipo (Kays, 1991; Chitarra e Chitarra, 2005).

Baixas temperaturas, assim como outros fatores de estresse, resultam em respostas fisiológicas nas plantas que incluem um aumento na produção de espécies reativas de oxigênio (ROS), que podem sinalizar a ativação de mecanismos de defesa ou exacerbar os danos provocados pelo estresse (Sala e Lafuente, 2000). Sob estresse por frio, várias espécies vegetais acumulam particularmente o H_2O_2 (Dat et al., 2000). Uma das principais formas de detoxificação do H_2O_2 é pela atividade da peroxidase, que pode converter o H_2O_2 em H_2O a partir de diferentes substratos (Bartosz, 1997; Mittler, 2002; Mach e Greenberg, 2004). A efetividade da ação do sistema antioxidativo, entretanto, é dependente do grau e da duração do estresse (Gaspar et al., 2002), ou seja, da temperatura e do tempo de exposição ao frio.

Não existem estudos sobre o tempo de exposição e temperatura necessária para uma melhor manutenção da qualidade da maioria das flores tropicais de corte (Jaroenkit e Paull, 2003). Muitas flores de origem tropical requerem armazenamento entre 7 e 10°C para não sofrerem injúria por frio (Reid, 1991). Para helicônias, de um modo geral, recomenda-se armazenamento em temperatura maior do que 10°C (Broschat e Donselman, 1983), mas não existe recomendação para as cultivares de *H. bihai*.

Com o armazenamento de flores de corte, torna-se possível ajustar o fornecimento à demanda do mercado (Nowak e Rudinick, 1990). Para suprir a necessidade de desenvolvimento de tecnologia de pós-colheita de flores é necessário avaliar diferentes modos de armazenamento e quantificar o ganho em dias no período de conservação de flores (Sonego e Brackmann, 1995).

O objetivo deste estudo foi observar o efeito do armazenamento de hastes florais de *Heliconia bihai* cv. Lobster Claw em duas temperaturas (12°C e 19°C) durante quatro períodos (dois, quatro, seis e oito dias), através de avaliações físicas e químicas.

2. Material e Métodos

2.1 Material vegetal e tratamentos

As hastes florais foram colhidas em uma área de cultivo irrigado por microaspersão, na Fazenda Atlantis, localizada no município de Paulista – PE, Brasil, na Zona da Mata Norte, latitude 7°56'Sul, longitude 34°55' Oeste e altitude de 14 m, na microrregião do Recife.

O experimento foi conduzido no Laboratório de Floricultura da UFRPE no período de maio a junho de 2009. As hastes florais de *H. bihai* cv. Lobster Claw foram colhidas no início

da manhã, em ponto de corte comercial (uma a quatro brácteas abertas), em uma área de cultivo comercial de flores tropicais no município de Paulista – PE, Brasil. Em seguida à colheita foi realizada a limpeza (retirada das flores do interior das brácteas), a lavagem e padronização do comprimento das hastes florais em 80 cm. As hastes permaneceram em hidratação com as bases imersas em água destilada até o dia seguinte, quando foram submetidas aos tratamentos de armazenamento (29 horas após a colheita).

Foram aplicados dois tratamentos em câmara fria (marca Automatus) por dois, quatro, seis e oito dias: hastes florais armazenadas à temperatura média do ar (T_m) de 12°C e umidade relativa média do ar (URm) de 98%; e hastes florais armazenadas T_m de 19°C e URm de 99%. Como tratamento controle as hastes florais foram mantidas no ambiente de laboratório (AL), à T_m de 25°C, URm de 77% e luminosidade média de 133,9 lux. A T_m , URm foram monitoradas no interior das caixas e, além dessas variáveis, a luminosidade foi monitorada no ambiente do laboratório (HOBO RH/Temp/Lum, Onset Computers Co., Massachusetts, USA).

As hastes florais armazenadas nas câmaras frias foram acondicionadas em caixas de papelão (0,85 x 0,20 x 0,50 m) próprias para a comercialização. Cada inflorescência foi envolvida em papel jornal e separadas em camadas com papel picado para evitar danos mecânicos. A caixa foi previamente revestida (parte interna) com plástico bolha, que envolveu todas as hastes. Após a retirada do armazenamento, as hastes permaneceram no ambiente de laboratório com a base imersa em água destilada, assim como as hastes do tratamento controle (AL). As hastes desse tratamento foram avaliadas sempre que houve retirada de hastes de algum tratamento das câmaras, e a água dos recipientes foi trocada a cada dois dias.

2.2. Acompanhamento da qualidade visual pós-colheita

A qualidade visual das hastes florais de *H. bihai* cv. Lobster Claw, visando o acompanhamento do processo de senescência (SS) ou de injúria por frio (IF) durante a vida em vaso, foi avaliada a cada dois dias, utilizando a seguinte escala de notas, adaptada de Costa et al. (2009) (em editoração): Nota 4: Inflorescência com brilho e sem ressecamento nas extremidades das brácteas (SS) ou brácteas sem mancha (IF); Nota 3: Inflorescência com brilho e ressecamento nas extremidades das brácteas menor que 1,0 cm (SS) ou brácteas levemente manchadas (IF); Nota 2: brácteas da inflorescência com ressecamento entre 1,0 e 5,0 cm (SS) ou brácteas com manchas acentuadas (IF); Nota 1: Inflorescência sem turgidez, sem brilho e com ressecamento ou escurecimento nas brácteas maior que 5,0 cm (SS) ou brácteas com manchas muito acentuadas (IF). As hastes foram descartadas quando mais de 50

% destas, em um mesmo tratamento, obtiveram nota 1. Neste estudo estabeleceu-se como vida em vaso (VV) o número de dias em que as hastes florais duraram depois da retirada do armazenamento e como longevidade total pós-colheita (LTP) a soma dos dias de armazenamento das hastes florais mais os dias de vida em vaso.

2.3. Percentagem de massa fresca

A percentagem de massa fresca (MF) foi avaliada em três hastes florais por repetição em três repetições e foi calculada a partir do valor inicial igualado a 100. As hastes foram pesadas em balança (marca Marconi AS 500C).

2.4. Mensuração da intensidade de cor das brácteas

A intensidade de cor foi determinada em colorímetro (CR-10 Konica Minolta) operando em sistema CIELab, calibrado com a cor branca. As leituras foram realizadas encostando o sensor do aparelho à superfície da base do ponteiro (que neste trabalho são as brácteas fechadas da inflorescência), sendo: L* leitura colorimétrica de luminosidade, que é representada pelo intervalo de preto/escurecimento a branco/claridade; a* - leitura colorimétrica do intervalo entre a cor verde (-) e a vermelha (+); e b* - leitura colorimétrica do intervalo entre a cor azul (-) e a amarela (+) (McGuire, 1992).

2.5. Mensuração da atividade específica da enzima peroxidase

A atividade específica da enzima peroxidase (POD) foi avaliada em uma haste floral por repetição. Para as análises da atividade enzimática e determinação de proteínas solúveis totais, pesou-se 0,5 g de tecido da parte mediana da primeira bráctea abaixo do ponteiro, em balança de precisão (Kern 410). O tecido foi mantido a -80°C até o momento da extração. A amostra foi macerada por três minutos com nitrogênio líquido e 5 mL de solução de NaCl a 0,15 M. O extrato foi depositado em eppendorfs e centrifugado por 10 minutos, a 8000 rpm e a 4°C. O sobrenadante foi separado do precipitado, colocado em eppendorfs e congelado a -20°C até o momento das análises.

A atividade específica da enzima peroxidase (POD) foi medida no sistema de reação com guaiacol, peróxido de hidrogênio e extrato enzimático. A variação da absorbância no intervalo de um minuto foi lida em espectrofotômetro (Micronal 8582), a 470 nm. Para o sistema de reação, foram colocados em uma cubeta 1,35 mL de guaiacol, 0,05 mL de peróxido de hidrogênio e 0,1 mL do extrato enzimático, nessa ordem, de acordo com a metodologia adaptada de Fatibelo Filho e Vieira (2002).

A determinação do teor de proteínas solúveis totais foi realizada de acordo com a metodologia de Bradford (1976), utilizando o reagente “coomassie brilliant blue G-250” para o desenvolvimento da cor. As leituras foram realizadas em espectrofotômetro, no comprimento de onda de 595 nm. Os resultados foram expressos em mg proteína.g⁻¹ massa fresca.

O cálculo da atividade específica da enzima peroxidase (POD) foi realizado dividindo-se a atividade pelo conteúdo protéico (mg.g⁻¹ de massa fresca) para cada amostra. Os resultados foram expressos em U.min⁻¹. mg⁻¹ proteína. g⁻¹ massa fresca.

2.6 Delineamento experimental e análise estatística

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com nove tratamentos em arranjo fatorial 2 (temperatura 12°C e 19°C) x 4 (dois, quatro, seis e oito dias de armazenamento) mais o tratamento controle. Foram utilizadas três repetições de três hastes florais por parcela para as análises de MF, intensidade de cor das brácteas; e três repetições de uma haste floral por parcela para as análises de POD, fazendo-se as leituras em triplicata.

Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias foram comparadas utilizando-se o teste de Tukey, adotando-se nível de 5% de probabilidade. Já os dados obtidos logo após a retirada do armazenamento foram interpretados por meio de análise de variância e de regressão. O modelo foi escolhido com base no fenômeno biológico, coeficiente de determinação e significância dos coeficientes de regressão, mediante o emprego do teste “F” a 5% de probabilidade, utilizando o programa SAEG.

3. Resultados e Discussão

A qualidade visual das inflorescências de *H. bihai* cv. Lobster Claw que permaneceram a Tm de 25°C e a URm de 77% no ambiente de laboratório (AL) por oito dias decresceu linearmente ao longo dos dias, com redução de 0,23 pontos na escala de notas por dia (Fig. 1), indicando que o processo de senescência avançou em função do tempo. A manutenção das hastes em caixas armazenadas a 12°C, por dois, quatro, seis e oito dias não influenciou na variação da nota após a retirada do armazenamento. Em relação às hastes armazenadas a 19°C, observou-se a menor qualidade com 3,73 dias após o armazenamento e a máxima qualidade com 6,94 dias (Fig. 1).

Em todos os tratamentos a qualidade visual das inflorescências da cv. Lobster Claw foi reduzindo ao longo dos dias de acompanhamento da vida em vaso e apenas as inflorescências armazenadas por seis e oito dias a 12°C foram descartadas por apresentarem injúria por frio (Tabela 1). Nas inflorescências que permaneceram no ambiente de laboratório

só foi observada mudança na qualidade a partir do quarto dia. Nas inflorescências dos demais tratamentos, com exceção das hastes armazenadas por quatro dias a 12°C e 19°C, a redução da qualidade foi observada no segundo dia após a retirada do armazenamento (Tabela 1) e foi acompanhada da redução de MF (Tabela 3), sugerindo que a qualidade deve estar associada à MF. Resultados semelhantes de redução da MF no segundo dia de vida em vaso foram observados em inflorescências de *Grevillea* 'Sylvia', sendo a capacidade das inflorescências de manter a massa fresca durante a vida em vaso usada para mensurar a qualidade (Joyce et al., 2000).

As hastes florais mantidas no ambiente do laboratório (AL) apresentaram vida em vaso (VV) superior (11,78 dias) em relação às hastes armazenadas nos períodos de dois, quatro, seis e oito dias a 12°C e 19°C (Tabela 2). As hastes armazenadas por dois e quatro dias a 12°C e por quatro dias a 19°C apresentaram vida em vaso superior a sete dias, o que é uma característica importante para a comercialização de flores de corte. Não foi observada diferença na vida em vaso entre as hastes armazenadas a 19°C, com variação de 5,56 a 7,11 dias (Tabela 2).

O armazenamento em baixas temperaturas retardou o surgimento de sintomas de senescência em *Dendranthema grandiflora* submetida a 2°C (Bellé et al., 2004). Foi observada redução na vida em vaso em flores de *Campanula medium*, armazenadas a 2°C, na medida em que aumentou o tempo de armazenamento de uma para três semanas (Bosma e Dole, 2002), bem como em hastes de *Epidendrum ibaguense* armazenadas a 10°C por 7, 14 e 21 dias (Moraes, 2003). Hastes de *Strelitzia reginae*, armazenadas em câmara fria a 10°C por sete dias apresentaram maior vida em vaso (8,28 dias), em relação às hastes armazenadas por 14, 21 e 28 dias (Finger et al., 2003). Hastes de *Anthurium* devem ser armazenadas em temperatura superior a 13°C (Skog, 1998) para evitar perda de qualidade causada pelo frio. Esta grande variedade de respostas demonstra que a definição do tempo de armazenamento é fundamental, uma vez que, reflete sobre a vida em vaso, e deve ser definido em função da espécie e cultivar.

As hastes florais armazenadas a 12°C, por seis e oito dias, apresentaram vida em vaso inferior a quatro dias (Tabela 2), em virtude dos sintomas de injúria por frio observados nas inflorescências logo após a retirada do armazenamento, inviabilizando o armazenamento por períodos superiores a quatro dias. As brácteas das inflorescências que apresentaram injúria por frio estavam levemente manchadas (nota 3,44 a 3,78), após a retirada do armazenamento, diferindo das hastes florais mantidas no ambiente do laboratório que não apresentaram sintoma de senescência (nota 4,0) (Tabela 1). Muitas espécies de origem tropical e subtropical e algumas de origem temperada são injuriadas pelo frio quando expostas a temperaturas entre

0°C e 20°C. O grau da injúria por frio sofrido por uma planta, ou seus órgãos, é variável em função da temperatura, da duração da exposição e da sensibilidade de cada espécie (Kays, 1991). Hastes de *H. chartaceae* 'Sexy Scarlet', quando armazenadas à temperatura de 15°C por 13 dias, com seis brácteas abertas, não apresentaram injúria por frio (Cavalcante et al., 2005).

A maior longevidade total pós-colheita (LTP) foi observada nas hastes armazenadas por oito dias a 19°C (14,22 dias), mostrando que houve incremento em relação às hastes do tratamento controle (AL) (11,78 dias) (Tabela 2), o que permitiria o transporte com qualidade para longas distâncias ou pode permitir o aumento do tempo entre a colheita, os procedimentos de preparo e embalagem das hastes e a comercialização. Os demais tratamentos, com exceção das hastes armazenadas por seis dias a 12°C e por dois dias a 19°C, não apresentaram diferença na LTP em relação ao tratamento controle (AL) (Tabela 2).

De acordo com a equação de regressão, os valores da massa fresca (MF) das inflorescências de *H. bihai* cv. Lobster Claw que permaneceram no ambiente de laboratório (AL) por oito dias decresceu linearmente, com redução de 1,22 g de MF por dia (Fig. 2), à medida em que o processo de senescência avançou ao longo dos dias. O armazenamento por 3,99 dias a 12°C apresentou a menor MF (97,36%), enquanto o armazenamento por 6,59 dias apresentou a maior MF (97,74%). Já o armazenamento a 19°C, em todos os períodos testados, apresentou efeito linear decrescente menos acentuado na MF (0,22 g por dia) quando comparado às hastes mantidas no ambiente de laboratório (AL). O efeito linear decrescente da MF mais acentuado nas hastes florais mantidas no ambiente do laboratório, possivelmente, reflete a menor umidade relativa (77%), na qual as mesmas foram mantidas, quando comparadas às hastes armazenadas nas câmaras frias onde a umidade relativa, no interior das caixas, variou de 98 a 99%.

Além disso, não se observou diferença entre o valor da MF das hastes do tratamento controle, após a colheita, e o valor da MF das hastes armazenadas a 12°C e 19°C, no momento em que foram retiradas do armazenamento, após os períodos de dois, quatro, seis e oito dias. Isso indica que a manutenção das hastes nestas condições de armazenamento não acarretou redução da MF e conseqüente perda de qualidade visual (Tabela 3). Na folhagem *Ctenanthe setosa* (maranta cinza) o período de armazenamento por quatro, cinco e seis dias (25 ± 1°C e UR 65-70%), aumentou a perda de massa fresca em comparação com o armazenamento por um e dois dias (Geerdink et al., 2007).

A partir do quarto dia, após a retirada do armazenamento, as hastes de todos os tratamentos apresentaram redução progressiva da MF (Tabela 3), possivelmente devido ao processo de senescência, que em células ou tecidos vegetais é acarretado por uma série de

mudanças fisiológicas, como a redução da massa fresca provocada pela perda de água (Mayak, 1987), através da transpiração, e do consumo de carboidratos, proteínas e lipídeos que são metabolizados e não são repostos (Nowak e Rudnicki, 1990). Hastes de *Alpinia purpurata* mantidas em água destilada apresentaram redução da MF ao longo da vida em vaso (16 dias) (Mattiuz et al., 2003). Hastes de *Zingiber spectabilis* (sorvetão), apresentaram redução progressiva de massa fresca da colheita (298,1 g) ao descarte (241,7 g) quando mantidas em ambiente climatizado ($17 \pm 2^\circ\text{C}$ e 70% UR) por 14 dias (Santos et al., 2008). Por outro lado, a maior perda de água de hastes florais de *Curcuma alismatifolia* (curcuma, açafraão-da-conchinchina, tulipa ou tulipa do sião) mantidas em água destilada, ocorreu entre dois e quatro dias e se manteve até o término da vida em vaso (Chanasut, 2005).

No segundo e quarto dia, após a retirada do armazenamento das hastes da cv. Lobster Claw, mantidas por seis e oito dias a 12°C , foi observada a maior redução de MF, em termos absolutos, respectivamente, provavelmente devido à ocorrência de injúria por frio nas inflorescências (Tabela 3). A acelerada perda de água pelos tecidos após o armazenamento é um dos sintomas ocasionados pela injúria por frio (Reid, 1991).

As hastes florais da cv. Lobster Claw mantidas no ambiente de laboratório (AL) apresentaram aumento linear nos valores da variável L^* à medida que o processo de senescência avançou, indicando que o tecido das brácteas ficou mais claro. O armazenamento a 12°C e 19°C por dois, quatro, seis e oito dias, não apresentou efeito sobre a coloração (variáveis colorimétricas L^* , a^* e b^*), mantendo a cor do tecido das brácteas de *H. bihai* cv. Lobster Claw, após a retirada do armazenamento (Fig. 3 e Tabela 4). Mesmo nas inflorescências que apresentaram injúria por frio foi observado esse mesmo comportamento, provavelmente, devido ao fato da injúria ter sido leve e o ponto onde foi realizada a leitura não estar injuriado. Em flores de *Anthurium* 'Ozaki Red' mantidas em água destilada ($22^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$ e $70 \pm 80\%$ de UR), as quais não apresentaram mudança até os primeiros 12 dias após a colheita, quando então os valores de a^* começaram a declinar e os de b^* aumentar (Paull et al., 1985). Em inflorescências de *Alpinia purpurata* a maior redução da luminosidade foi observada em hastes que permaneceram em água destilada e a cromaticidade (intensidade da cor) foi reduzida a partir do oitavo dia de avaliação (Mattiuz et al., 2005).

As hastes florais da cv. Lobster Claw mantidas no laboratório apresentaram, aos dois dias após a colheita, elevada atividade da peroxidase (POD), provavelmente, uma reação ao estresse induzido pelo corte. A partir desse ponto observou-se o decréscimo na atividade enzimática até os 6,6 dias, ainda que este valor tenha sido superior àquele obtido por ocasião da colheita das hastes (Fig. 3). As hastes florais da cv. Lobster Claw mantidas durante dois dias em câmara fria a 19°C , apresentaram valores de atividade da peroxidase similares

àqueles exibidos pelas hastes mantidas no ambiente de laboratório dois dias após o corte (Fig. 3), sugerindo que até esse período as oscilações na atividade enzimática são induzidas pelo corte. A atividade da peroxidase das hastes armazenadas a 12°C não se ajustou a um modelo matemático.

Estresses abióticos induzidos por temperaturas extremas (baixa e alta), injúria mecânica, desidratação entre outros, podem perturbar o equilíbrio celular, resultando em um aumento de peróxido de hidrogênio (H₂O₂) e outras formas reativas de oxigênio (Neill et al., 2002). A prevenção dos danos oxidativos se dá pela ação de metabólitos e pela atividade de enzimas antioxidantes (Bartosz, 1997; Dat et al., 2000). Alterações na atividade metabólica em resposta a agentes estressantes, com geração de formas reativas de oxigênio são características de uma fase de alarme quando da exposição ao estresse à qual pode se seguir um estágio de resistência com o estabelecimento de um novo padrão fisiológico. A duração, intensidade e frequência do estresse podem culminar com o surgimento de um estado de esgotamento que leve à senescência com danos celulares ou morte (Lichtenthaler, 2004).

Não foi observada uma tendência padrão para a atividade da POD nas hastes submetidas à refrigeração, independente da temperatura e do tempo de armazenamento. Embora essa enzima possa ser considerada um marcador bioquímico de estresse induzido por diferentes fatores (Lima et al., 1999), os resultados sugerem que outros constituintes do sistema antioxidativo estejam atuando em reação aos tratamentos aplicados.

4. Conclusões

A temperatura de 12°C e umidade relativa de 98% é indicada para armazenamento de hastes florais de *H. bihai* cv. Lobster Claw até quatro dias. Períodos de armazenamento superiores a seis dias causam sintomas de injúria por frio nas inflorescências.

A temperatura de 19°C e umidade relativa de 99% é mais indicada para o armazenamento de hastes florais por oito dias, por aumentar a longevidade total pós-colheita.

A redução da massa fresca está associada à perda de qualidade visual em inflorescências mantidas nas temperaturas de 25°C, 12°C e 19°C.

O armazenamento nas temperaturas de 12°C e 19°C não promove alteração na coloração das brácteas.

A ausência de tendência na atividade da peroxidase, independente da temperatura e do período de armazenamento, sugere que outras enzimas do sistema antioxidativo tenham atuado mais efetivamente.

Agradecimentos

À CAPES, CNPq e FACEPE - PROMATA pelo suporte financeiro ao projeto, à empresa Atlantis pela doação do material vegetal, ao SENAI pela doação das câmaras frias e à equipe do Laboratório de Floricultura da UFRPE pela colaboração na execução do experimento.

Referências

- BARTOSZ, G., 1997. Oxidative stress in plants. *Acta Physiol. Plant.* 19, 47-64.
- BELLÉ, R.A.; MAINARDI, J.C.C.T.; MELLO, J.B.; ZACHET, D., 2004. Abertura floral de *Dendranthema grandiflora* Tzvelev. 'Bronze Repin' após armazenamento a frio seguido de "pulsing". *Cienc. Rur.* 34, 63-70.
- BERRY, F.; KRESS, W. J., 1991. *Heliconia: an identification guide*. Washington and London: Smithsonian Institution Press. 334.
- BOSMA, T.; DOLE, J.M., 2002. Postharvest handling of cut *Campanula medium* flowers. *HortScience.* 37, 954-958.
- BROSCHAT, T.K.; DONSELMAN, H.M., 1983. Heliconias: a promising new cut flower crop. *HortScience.* 18, p. 1-2.
- BRADFORD, M.M., 1976. A rapid and sensitive method for the quantification of microgram quantities of protein utilizing the principles of protein-dye binding. *Anal. Biochem.* 72, 246-254.
- CASTRO, C. E. F.; MAY, A.; GONÇALVES, C. Espécies de helicônia como flores de corte. *Revista Brasileira de Horticultura Ornamental*, Campinas, v. 12, n. 2, p. 87-96, 2006.
- CAVALCANTE, R.A; MOSCA, J.L.; MACIEL, V.T.; PAIVA, W.O., 2005. Armazenamento refrigerado de *Heliconia chartaceae* Lane ex Barreiros cv. Sexy Scarlet colhidas em diferentes pontos de abertura. *Hort. Brasil.* 23, 563.
- CHANASUT, U., 2005. Treatments to maintain the postharvest quality of cut 'Patumma' (*Curcuma alismatifolia* 'Chiang Mai Pink') flowers. *Acta Hort.* 682, 1097-1101.
- CHITARRA, M.L.F.; CHITARRA, A.B., 2005. Pós-colheita de frutas e hortaliças fisiologia e manuseio. Lavras, 785.

- COSTA, A.S.; NOGUEIRA, L.C.; SANTOS, V.F.; FINGER, F.L.; LOGES, V.; WILLADINO, L., 2009. Sintomas e respostas fisiológicas da senescência e injúria por frio em hastes florais de *Heliconia bihai* (L.) cv. Lobster Claw e cv. Halloween. *Postharvest Biol. Technol.* (em editoração).
- DAT, J.; VANDENABEELE, S.; VRANOVA, E.; VAN MONTAGU, M.; INZE, D.; VAN BREUSEGEM, F., 2000. Dual action of the active oxygen species during plant stress responses. *Cell. Mol. Life Sci.* 57, 779–795.
- FATIBELO FILHO, O. VIEIRA, I.C., 2002. Uso analítico de tecidos e de extratos brutos vegetais como fonte enzimática. *Rev. Quim. Nova.* 25, 455-464.
- FINGER, F.L., MORAES, P.J., BARBOSA, J.G. GROSSI, J.A.S., 2003. Vase Life of Bird-of-Paradise Flowers Influenced by Pulsing and Term of Cold Storage. *Acta Hort.* 628, 863-867.
- GASPAR, T.; FRANCK T.; BISBIS B.; KEVERS C.; JOUVE, L.; HAUSMAN, J.F.; DOMMES, J., 2002 Concepts in plant stress physiology. Application to plant tissue cultures. *Plant Growth Regul.* 37, 263-285.
- GEERDINK, G.M.; PINTO, A.C.R.; OLIVEIRA, R.F.; MINAMI, K.; MELLO DRY, S.C., 2007. Storage of Cut Rolled Leaves of *Ctenanthe setosa* on Foliage Postharvest Longevity and Quality. *Acta Hort.* 755, p. 429-435.
- JAROENKIT, T.; PAULL, R.E., 2003. Reviews postharvest handling of heliconia, red ginger, and bird-of-paradise. *HortTechnology.* 13, 259-266.
- JOYCE, D.C.; MEARA, S.A.; HETHERINGTON, S.E.; JONES, P., 2000. Effects of cold storage on cut *Grevillea* ‘Sylvia’ inflorescences. *Postharvest Biol. Technol.* 18, 49-56.
- KAYS, S.J., 1991. *Postharvest Physiology of Perishable Plant Products.* New York, 532.
- LICHTENTHALER, H.K., 2004. El estrés y la medida del estrés en plantas. In: Reigosa, M.J.; PEDROL, N.; SÁNCHEZ, A. (eds). *La Ecofisiología Vegetal – Una ciencia de síntesis.* Madrid. Thomson. 59-111. 1175.
- LIMA, G.P.P.; BRASIL, O.G.; OLIVEIRA, A.M., 1999. Poliaminas e atividade da peroxidase em feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivado sob estresse salino. *Sci. Agr.* 56, 21-25.

- MACH, J.M., GREENBERG, J.T., 2004. Free Radicals and Oxidative Stress. *Plant Cell Death Process.* 2, 203-213.
- MATTIUZ, C.F.M.; RODRIGUES, T.J.D.; PIVETTA, K.F.L.; MATTIUZ, B.H., 2003. Water Relations of Cut Inflorescences of *Alpinia purpurata* treated with seven pulsing solutions. *Acta Hort.* 683, 363-368.
- MATTIUZ, C.F.M.; MATTIUZ, B.H.; RODRIGUES, T.J.D.; DURIGAN, J.F.; PIVETTA, K.F.L., 2005. Efeito de agentes químicos na conservação pós-colheita de inflorescências de *Alpinia purpurata* (Vieill) K. Schum. *Ver. Bras. Hort. Ornamen.* 11, 35-42.
- MAYAK, S. Senescence of cut flowers. 1987. *HortScience.* 22, 863-865.
- McGUIRE, R.G. 1992. Reporting of objective color measurements. *HortScience.* 27, 1254-1255.
- MITTLER, R. 2002. Oxidative stress, antioxidants and stress tolerance. *Trends Plant Sci.* 7, 405-410.
- MORAES, P.J. 2003. Crescimento, caracterização da abertura floral e manejo pós-colheita de flores de *Epidendrum ibaguense* Kunth. (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Viçosa. Viçosa. 110f.
- NEILL, S., DESIKAN, R., HANCOCK, J., 2002. Hydrogen peroxide signaling. *Curr. Opin. Plant Biol.* 5, 388–395.
- NOWAK, J.; RUDNICKI, R.M., 1990. Postharvest handling and storage of cut flowers, florist greens and potted plant. Portland, USA. 210.
- PAULL, R.E.; CHEN, N.J.; DEPUTY, J., 1985. Physiological changes associated with senescence of cut *Anthurium* flowers. *J. Am. Soc. Hort.* 110, 156-162.
- REID, M.S., 1991. Effects of low temperatures on ornamental plants. *Acta Hort.* 298, 215-223.
- REID, M.S., 2001. Advances in shipping and handling of ornamentals. *Acta Hort.* 543, 277-284.
- SALA, J.M.; LAFUENTE, M.T., 2000. Catalase enzyme activity is related to tolerance of mandarin fruits to chilling. *Postharvest Biol. Technol.* 20, 81-89.

SANTOS, M.H.L.C.; SANTOZ, E.E.F.; LIMA, G.P.P., 2008. Soluções conservantes em sorvetão pós-colheita. *Cienc. Rur.* 38, 2354-2357.

SILVA, J.A.T., 2003. The cut flower: postharvest considerations. *J. Biol. Sci.* 3, 406-442.

SKOG, L.J., 1998. Chilling Injury of Horticultural Crops. Horticultural Research Institute of Ontario. University of Guelph Factsheet. Disponível em: <http://www.omafra.gov.on.ca/english/crops/facts/98-021.htm#Figure%203>. Acesso em: 04 de set. 2008.

SONEGO, G.; BRACKMANN, A., 1995. Conservação pós-colheita de flores. *Cienc. Rur.* 25, 473-479.

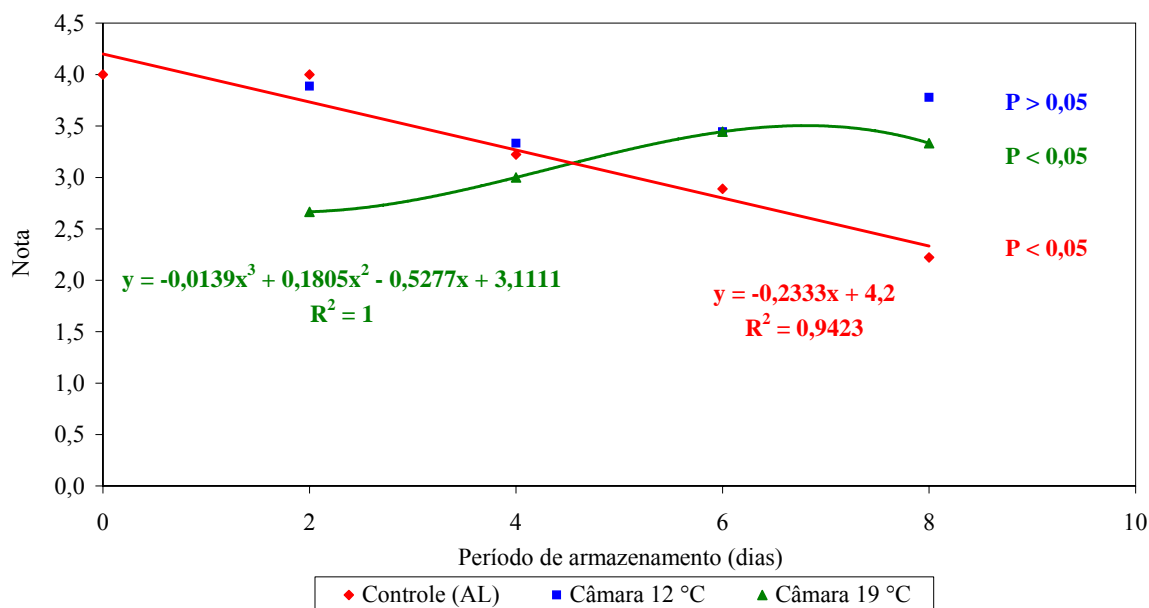


Fig. 1. Estimativa da nota de qualidade visual de inflorescências *H. bihai* cv. Lobster Claw, com escala de notas, após armazenamento por 2, 4, 6 e 8 dias a 12°C (■) e 19°C (▲) e mantidas a 25°C em ambiente de laboratório (AL) (♦). Recife – Pernambuco, Brasil. 2009.

Tabela 1

Qualidade visual de inflorescências de *H. bihai* cv. Lobster Claw, avaliada com escala de notas durante a vida em vaso, após o armazenamento por 2, 4, 6 e 8 dias a 12°C e 19°C e mantidas a 25°C em ambiente de laboratório (AL). As avaliações foram realizadas até o ponto de descarte. Recife – PE, Brasil. 2009

Tratamento	Vida em vaso (dias)						
	0	2	4	6	8	10	12
AL (controle)	4,00 Aa	4,00 Aa	3,22 Ab	2,89 Ab	2,22 Ac	1,89 Ac	1,22 d
2 dias a 12°C	3,89 Aa	3,11 Bb	2,67 ABbc	2,22 Bcd	1,89 ABde	1,33 Be	
4 dias a 12°C	3,33 ABa	2,78 BCab	2,44 BCb	1,78 BCc	1,56 Bcd	1,11 Bd	
6 dias a 12°C	3,44 ABa	2,33 CDb	1,44 Ec				
8 dias a 12°C	3,78 Aa	1,33 Eb					
2 dias a 19°C	3,67 ABa	3,00 BCb	2,33 BCDe	1,44 Cd			
4 dias a 19°C	3,00 Ba	2,56 BCDab	2,11 BCDEbc	1,78 BCcd	1,33 Bd		
6 dias a 19°C	3,44 ABa	2,67 BCb	1,78 CDEc	1,44 Cc			
8 dias a 19°C	3,33 ABa	1,89 DEb	1,67 DEb	1,56 Cb	1,33 Bb		
CV. (%)	7,5						

Médias seguidas da mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna não diferem entre si ao nível de 5% pelo teste de Tukey. Para efeito da análise de variância os dados foram transformados em $\sqrt{x+1}$.

Tabela 2

Vida em vaso (dias depois do armazenamento) e longevidade total pós-colheita (dias de armazenamento mais os dias de vida em vaso) de hastes florais de *H. bihai* cv. Lobster Claw, armazenadas a 12°C e 19°C por 2, 4, 6 e 8 dias e mantidas a 25°C em ambiente de laboratório. Recife – PE, Brasil. 2009

Tratamento	Vida em vaso (VV) (dias)	Longevidade total pós-colheita (LTP) (dias)
AL (controle)	11,78 a	11,78 bc
2 dias a 12°C	9,56 b	11,56 bcd
4 dias a 12°C	8,67 bc	12,67 ab
6 dias a 12°C	3,78 ef	9,78 d
8 dias a 12°C	2,00 f	10,00 cd
2 dias a 19°C	5,78 d	7,78 e
4 dias a 19°C	7,11 cd	11,11 bcd
6 dias a 19°C	5,56 de	11,56 bcd
8 dias a 19°C	6,22 d	14,22 a
CV. (%)	9,6	5,4

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si ao nível de 5% pelo teste de Tukey. Para efeito da análise de variância os dados foram transformados em $\sqrt{x+0,5}$.

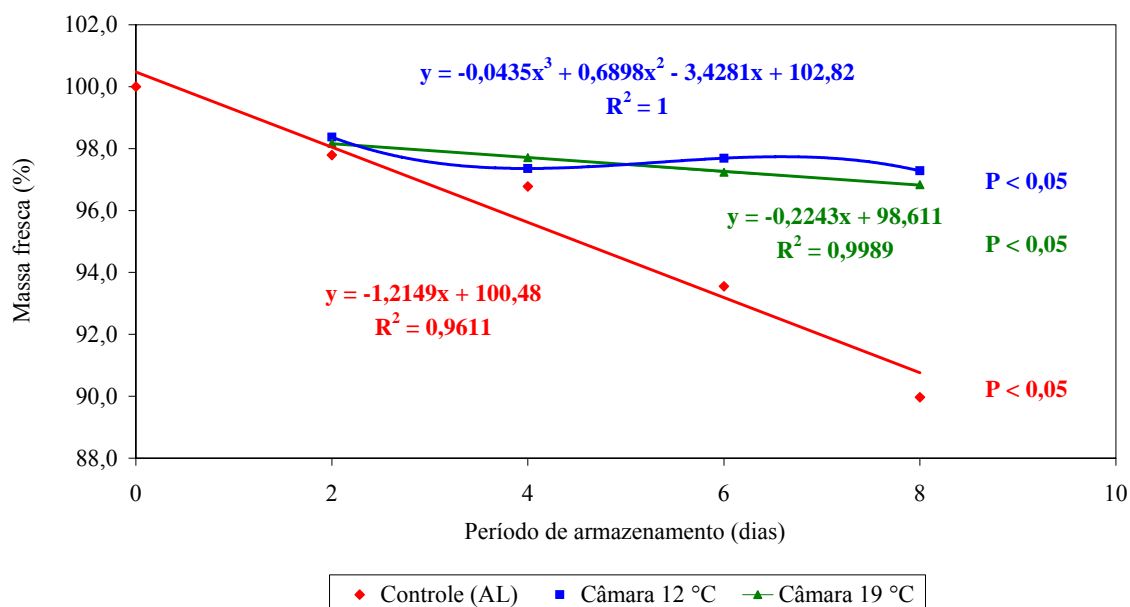


Fig. 2. Estimativa da massa fresca (%) de hastes florais de *H. bihai* cv. Lobster Claw, após armazenamento por 2, 4, 6 e 8 dias a 12°C (■), 19°C (▲) e mantidas a 25°C em ambiente de laboratório (AL) (◆). Recife – Pernambuco, Brasil. 2009.

Tabela 3

Massa fresca (MF%) de hastes florais de *H. bihai* cv. Lobster Claw após o armazenamento em câmara a 12°C e 19°C e mantidas a 25°C no ambiente de laboratório (AL) desde o dia da colheita. As avaliações foram realizadas até o ponto de descarte. Recife – PE, Brasil. 2009

Tratamento	Vida em vaso (dias)						
	0	2	4	6	8	10	12
AL (controle)	100,00 Aa	97,79 Aa	96,78 Aab	93,55 Ab	89,97 Ac	86,75 Ac	83,07 d
2 dias a 12°C	98,37 Aa	96,28 ABab	93,02 Bbc	89,97 Bc	86,54 Bd	82,44 Be	
4 dias a 12°C	97,36 Aa	94,72 ABCa	90,87 BCb	87,09 BCc	83,73 BCd	79,67 Ce	
6 dias a 12°C	97,69 Aa	94,32 ABCb	89,22 Cc				
8 dias a 12°C	97,28 Aa	92,43 Cb					
2 dias a 19°C	98,17 Aa	95,48 ABCa	91,98 BCb	88,42 BCc			
4 dias a 19°C	97,71 Aa	95,11 ABCa	91,26 BCb	87,83 BCc	83,96 BCd		
6 dias a 19°C	97,23 Aa	93,94 BCb	89,47 Cc	85,64 Cd			
8 dias a 19°C	96,83 Aa	93,33 BCb	89,99 BCc	86,66 BCd	83,24 Ce		
CV. (%)	2,7						

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

Tabela 4

Cor das brácteas (L^* , a^* e b^*) de hastes florais de *H. bihai* cv. Lobster Claw após o armazenamento em câmara a 12°C e 19°C e mantidas a 25°C no ambiente de laboratório (AL) desde o dia da colheita. As avaliações foram realizadas até o ponto de descarte. Recife – PE, Brasil. 2009

Tratamento	L^*	a^*	b^*
AL (controle)	41,71 A	59,88 A	32,21 A
2 dias a 12°C	42,18 A	59,71 A	31,63 A
4 dias a 12°C	40,69 A	61,61 A	33,42 A
6 dias a 12°C	42,57 A	58,89 A	32,20 A
8 dias a 12°C	41,96 A	58,79 A	31,94 A
2 dias a 19°C	42,73 A	59,22 A	33,19 A
4 dias a 19°C	41,99 A	59,62 A	33,90 A
6 dias a 19°C	42,31 A	60,28 A	33,03 A
8 dias a 19°C	43,51 A	58,22 A	31,60 A
CV. (%)	5,8	4,97	8,56
Equação de regressão (controle)	$y = 0,3106x + 41,523$		
Teste F	7,44*	0,545*	0,680*
R^2	0,897		
Equação de regressão (câmara a 12°C)			
Teste F	1,296*	2,799*	0,589*
R^2			
Equação de regressão (câmara a 19°C)			
Teste F	0,745*	1,533*	1,662*
R^2			

Médias seguidas da mesma letra maiúscula na coluna não diferem entre si ao nível de 5% pelo teste de Tukey.

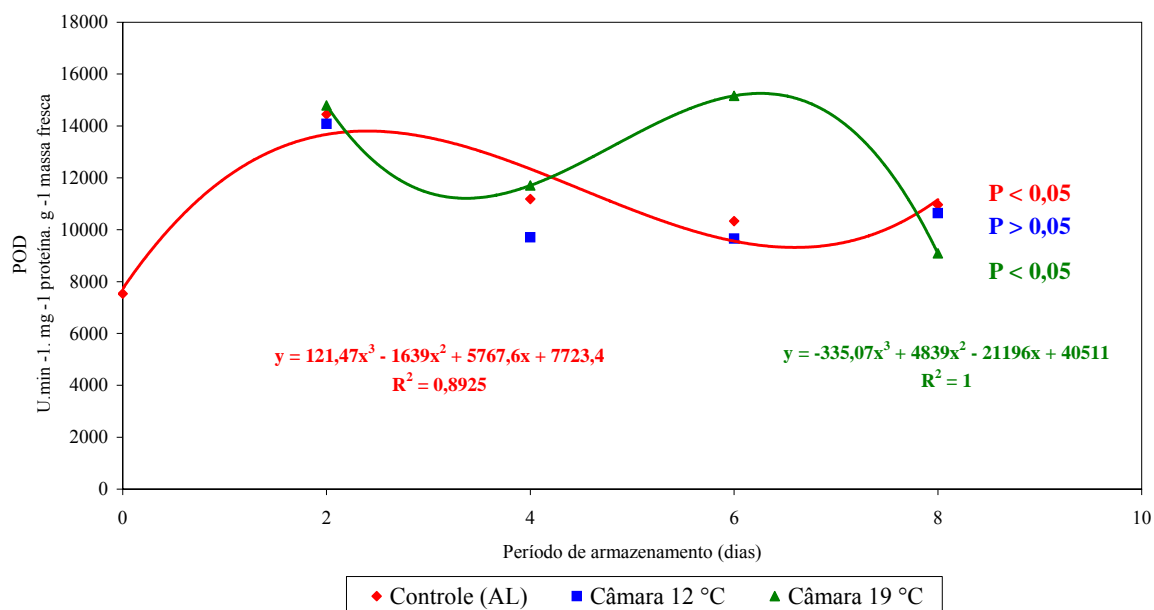


Fig. 3. Estimativa da atividade de peroxidase (POD) em tecido de brácteas de *H. bihai* cv. Lobster Claw, após armazenamento por 2, 4, 6 e 8 dias a 12°C (■), e 19°C (▲) e mantidas a 25 °C em ambiente de laboratório (AL) (◆). Recife – Pernambuco, Brasil. 2009.

Considerações Finais

Os resultados encontrados nesta pesquisa para *H. bihai* cv. Lobster Claw e cv. Halloween demonstram que a refrigeração das hastes florais armazenadas a 6,5°C promove sintomas de injúria por frio avaliados com a escala de notas elaborada para este fim. Os sintomas de injúria por frio estão associados às respostas fisiológicas como aumento da perda de permeabilidade da membrana e pelo teor de potássio extravasado. Dessa forma é possível inferir que a metodologia utilizada para avaliar as respostas fisiológicas, bem como, a escala de notas foram eficientes para a avaliação do grau de injúria por frio. Os sintomas de injúria por frio foram também confirmados pela redução dos valores das variáveis colorimétricas.

O surgimento e a gravidade dos sintomas de injúria por frio estão relacionados com a temperatura de armazenamento e com o tempo de exposição e isso foi observado nas hastes florais das cultivares Lobster Claw e Halloween quando armazenadas a 6,5°C, 12°C e 19°C. O agravamento do sintoma de injúria por frio nas inflorescências de ambas cultivares é observado algumas horas após a retirada do armazenamento.

O período e a temperatura de armazenamento influenciam no tempo de vida em vaso da haste floral, como observado nas hastes armazenadas a 12°C e 19°C. É interessante a realização de experimentos futuros com temperaturas acima de 19°C e períodos superiores a oito dias de armazenamento. Estas avaliações podem ser associadas ao uso de cálcio na pré-colheita e na pós-colheita (solução para imersão ou para aspersão), além do uso de outros produtos como ceras que tenham a finalidade de reduzir ou impedir a perda de água por transpiração, como por exemplo, a cera de carnaúba, a qual vem sendo utilizada em flores.

Os sintomas de senescência observados nas cultivares Lobster Claw e Halloween foram semelhantes, caracterizados por ressecamento que pode se estender da extremidade à base da bráctea. Durante o processo de senescência das hastes florais foi observado o amarelecimento e ressecamento da extremidade superior dos pecíolos das folhas, o qual pode ser retirado com cortes progressivos à medida que o processo avançar. É interessante ressaltar que a senescência da extremidade superior dos pecíolos das folhas pode ser agravada se o corte for realizado com ferramenta não adequada ou pouco afiada.

Foi adotada a mesma escala para os sintomas de injúria por frio para ambas cultivares. No entanto, observou-se diferença na tonalidade das manchas, provavelmente devido à diferente coloração das inflorescências das cultivares. Isso mostra que os sintomas de injúria por frio variam em função da cultivar, o que justifica a necessidade de realização de experimentos com outras cultivares de *H. bihai* e com outras espécies como *H. stricta*, *H. wagneriana*, *H. rostrata*, que são também muito comercializadas.

A enzima peroxidase não apresentou uma tendência padrão da sua atividade nas inflorescências da cultivar Lobster Claw, independente da temperatura (12°C e 19°C) e do tempo de armazenamento (2 a 8 dias), indicando que outras enzimas dos sistema antioxidativo tenham atuado mais efetivamente. Por isso, é recomendável em experimentos futuros analisar a atividade de outros constituintes do sistema de defesa antioxidante, como a superóxido desmutase, polifenoloxidase e catalase.

Este estudo foi relevante, pois gerou informações importantes para o entendimento dos sintomas e repostas fisiológicas da senescência, injúria por frio e conservação pós-colheita de hastes florais de *H. bihai*.

Anexo

Normas de submissão ao periódico Postharvest Biology and Technology

Postharvest Biology And Technology: An International Journal

ISSN: 0925-5214

Guide for Authors

Postharvest Biology and Technology is devoted exclusively to the publication of original papers and review articles on biological and technological research in the areas of postharvest storage, treatment, quality evaluation, packaging, handling and distribution of agronomic (including forage) and horticultural crops.

Articles on the postharvest treatment of fresh product as affecting the quality of processed product will be included, but articles on food processing will not be considered for the journal. Papers based on interdisciplinary research will be encouraged. These disciplines include ecology, entomology, plant physiology, plant pathology, molecular biology, chemistry, engineering, technology and economics.

Please bookmark this page as: <http://www.elsevier.com/locate/postec>.

For more information/suggestions/comments please contact AuthorSupport@elsevier.com.

Types of contribution

1. Original Research Papers (regular papers)
2. Research Notes
3. Review Articles
4. Letters to the Editor

Original research papers should report the results of original research. The material should not have been previously published elsewhere, except in a preliminary form.

Research Notes are short research papers which have one or two results of particular interest or importance, but not the body of work expected in a full length paper. These Research Notes should be of immediate interest and will be published in as short a time as possible. Authors are expected to keep Research Notes very concise, with a short Abstract and Introduction, Methods referenced where possible, a combined Results and Discussion section, and a minimum number of referees. The length will be no more than 4 printed pages in total (one journal page with no figures or tables usually has about 750 words) and the Research Note must adhere to the scientific standards of the journal.

Review articles should cover subjects falling within the scope of the journal which are of active current interest. They may be submitted or invited after consultation with one of the Editors-in-Chief.

Letters to the Editor offering comment or useful critique on material published in the journal are welcomed. The decision to publish submitted letters rests purely with the Editor-in-Chief. It is hoped that the publication of such letters will permit an exchange of views which will be of benefit to both the journal and its readers.

For questions on submissions or scope please contact one of the two Editors-in-Chief at the following addresses:

For the Americas: Dr R.P. Cavalieri; Agricultural Research Center; Washington State University, P.O. Box 646240, Pullman, WA 99164-6240; USA; Fax: +1 (509) 335 6751; E-mail: cavalieri@wsu.edu

For the rest of the world: Dr. I.B. Ferguson; Hortresearch; 120 Mt. Albert Road, Private Bag 92 169; Mt Albert, Auckland, New Zealand; Fax: +64 9 815 4202; E-mail: iferguson@hortresearch.co.nz

Online Submission of manuscripts

Submission of an article implies that the work described has not been published previously (except in the form of an abstract or as part of a published lecture or academic thesis), that it is not under consideration for publication elsewhere, that its publication is approved by all authors and tacitly or explicitly by the responsible authorities where the work was carried out, and that, if accepted, it will not be published elsewhere in the same form, in English or in any other language, without the written consent of the Publisher.

Upon acceptance of an article, authors will be asked to transfer copyright (for more information on copyright see <http://authors.elsevier.com>). This transfer will ensure the widest possible dissemination of information. A letter will be sent to the corresponding author confirming receipt of the manuscript. A form facilitating transfer of copyright will be provided.

If excerpts from other copyrighted works are included, the author(s) must obtain written permission from the copyright owners and credit the source(s) in the article. Elsevier has preprinted forms for use by authors in these cases: contact Rights Department, P.O. Box 800, Oxford, OX5 1DX, UK; phone: (+44) 1865 843830, fax: (+44) 1865 853333, e-mail: permissions@elsevier.com

Submission to this journal proceeds totally on-line. Use the following guidelines to prepare your article. Authors can upload their article as a LaTeX or a Microsoft Word document via <http://authors.elsevier.com/JournalDetail.html?PubID=503313&Precis=DESC>, where you will also find a detailed description on its use. The system generates an Adobe Acrobat PDF version of the article which is used for the reviewing process. It is crucial that all graphical and tabular elements be placed within the text, so that the file is suitable for reviewing. Authors, Reviewers and Editors send and receive all correspondence by e-mail and no paper correspondence is necessary.

Note: compuscripts submitted are converted into PDF for the review process but may need to be edited after acceptance to follow journal standards. For this an "*editable*" file format is necessary. See the section on "*Electronic format requirements for accepted articles*" and the further general instructions on how to prepare your article below. Once the uploading is done, our system automatically generates an electronic (PDF) proof, which is then used for reviewing. It is crucial that all graphical elements be uploaded in separate files, so that the PDF is suitable for reviewing. Authors can upload their article as a LaTeX or Microsoft (MS) Word. All correspondence, including notification of the Editor's decision and requests for revisions, will be by e-mail.

Electronic format requirements for accepted articles

We accept most wordprocessing formats, but Word or LaTeX is preferred. Always keep a backup copy of the electronic file for reference and safety. Save your files using the default extension of the program used.

Wordprocessor documents

It is important that the file be saved in the native format of the wordprocessor used. The text should be in single-column format. Keep the layout of the text as simple as possible. Most formatting codes will be removed and replaced on processing the article. In particular, do not use the wordprocessor's options to justify text or to hyphenate words. However, do use bold face, italics, subscripts, superscripts etc. Do not embed 'graphically designed' equations or tables, but prepare these using the wordprocessor's facility. When preparing tables, if you are using a table grid, use only one grid for each individual table and not a grid for each row. If no grid is used, use tabs, not spaces, to align columns. The electronic text should be prepared in a way very similar to that of conventional manuscripts (see also the Guide to Publishing with Elsevier: [↗](#)

<http://www.elsevier.com/wps/find/authorshome.authors/howtosubmitpaper>).

Do not import the figures into the text file but, instead, indicate their approximate locations directly in the electronic text and on the manuscript. See also the section on "Preparation of electronic" on the "Author Gateway's Quickguide" at [↗http://www.elsevier.com](#). To avoid unnecessary errors you are strongly advised to use the 'spellchecker'function of your wordprocessor.

Preparation of manuscripts

1. Manuscripts should be written in English. Authors whose native language is not English are strongly advised to have their manuscripts checked by an English-speaking colleague prior to submission. **English language help service:** Upon request, Elsevier will direct authors to an agent who can check and improve the English of their paper (*before submission*). Please contact authorsupport@elsevier.com for further information.
2. Manuscripts should be prepared with numbered lines, with wide margins and double spacing throughout, i.e. also for abstracts, footnotes and references. **Every page of the manuscript, including the title page, references, tables, etc. should be numbered.** However, in the text no reference should be made to page numbers; if necessary, one may refer to sections. Avoid excessive use of italics to emphasize part of the text.
3. Manuscripts in general should be organized in the following order:
 - Title (should be clear, descriptive and not too long);
 - Name(s) of author(s);
 - Complete postal address(es) of affiliations;
 - Full telephone, Fax. no. and E-mail of the corresponding author;
 - Present address(es) of author(s) if applicable;
 - Complete correspondence address to which the proofs should be sent;
 - Abstract;
 - Key words (indexing terms), normally 3-6 items;
 - Introduction;
 - Material studied, area descriptions, methods, techniques;
 - Results;
 - Discussion;
 - Conclusion;
 - Acknowledgements and any additional information concerning research grants, etc.;
 - References;
 - Tables;
 - Figure captions.
4. In typing the manuscript, titles and subtitles should not be run within the text. They should be typed on a separate line, without indentation. Use lower-case lettertype.
5. Elsevier reserves the privilege of returning to the author for revision accepted manuscripts and illustrations which are not in the proper form given in this guide.

Abstracts

The abstract should be clear, descriptive and not longer than 400 words.

Formulae

1. Subscripts and superscripts should be clear and not too small.
2. Give the meaning of all symbols immediately after the equation in which they are first used.
3. For simple fractions

use the solidus (/) instead of a horizontal line. 4. Equations should be numbered serially at the right-hand side in parentheses. In general only equations explicitly referred to in the text need be numbered. 5. The use of fractional powers instead of root signs is recommended. Also powers of e are often more conveniently denoted by exp. 6. Levels of statistical significance which can be mentioned without further explanation are * $P < 0.05$, ** $P < 0.01$ and *** $P < 0.001$. 7. In chemical formulae, valence of ions should be given as, e.g., Ca^{2+} not as Ca^{++} . 8. Isotope numbers should precede the symbols, e.g., ^{18}O . 9. The repeated writing of chemical formulae in the text is to be avoided where reasonably possible; instead, the name of the compound should be given in full. Exceptions may be made in the case of a very long name occurring very frequently or in the case of a compound being described as the end product of a gravimetric determination (e.g., phosphate as P_2O_5).

Units: The SI system should be used for all scientific and laboratory data. In certain instances it may be necessary to quote other units. These should be added in parentheses. Temperatures should be given in degrees Celsius. The unit 'billion' (10⁹ in America, 10¹² in Europe) is ambiguous and should not be used.

Nomenclature

1. Authors and editors are, by general agreement, obliged to accept the rules governing biological nomenclature, as laid down in the *International Code of Botanical Nomenclature*, the *International Code of Nomenclature of Bacteria*, and the *International Code of Zoological Nomenclature*. 2. All biotica (crops, plants, insects, birds, mammals, etc.) should be identified by their scientific names when the English term is first used, with the exception of common domestic animals. 3. All biocides and other organic compounds must be identified by their Geneva names when first used in the text. Active ingredients of all formulations should be likewise identified. 4. For chemical nomenclature, the conventions of the *International Union of Pure and Applied Chemistry* and the official recommendations of the *IUPAC-IUB Combined Commission on Biochemical Nomenclature* should be followed.

Tables

1. Authors should take notice of the limitations set by the size and lay-out of the journal. Large tables should be avoided. Reversing columns and rows will often reduce the dimensions of a table. 2. If many data are to be presented, an attempt should be made to divide them over two or more tables. 3. Tables should be numbered according to their sequence in the text. The text should include references to all tables. 4. Each table should be typewritten on a separate page of the manuscript. Tables should never be included in the text. 5. Each table should have a brief and self-explanatory title. 6. Column headings should be brief, but sufficiently explanatory. Standard abbreviations of units of measurement should be added between parentheses. 7. Vertical lines should not be used to separate columns. Leave some extra space between the columns instead. 8. Any explanation essential to the understanding of the table should be given as a footnote at the bottom of the table.

Preparation of electronic illustrations

Submitting your artwork in an electronic format helps us to produce your work to the best possible standards, ensuring accuracy, clarity and a high level of detail.

General points

- Always supply high-quality printouts of your artwork, in case conversion of the electronic artwork is problematic.
- Make sure you use uniform lettering and sizing of your original artwork.
- Save text in illustrations as "graphics" or enclose the font.
- Only use the following fonts in your illustrations: Arial, Courier, Helvetica, Times, Symbol.
- Number the illustrations according to their sequence in the text.
- Use a logical naming convention for your artwork

files, and supply a separate listing of the files and the software used. •Provide captions to illustrations separately. •Produce images near to the desired size of the printed version.

A detailed guide on electronic artwork is available on our website: <http://authors.elsevier.com/artwork>

You are urged to visit this site; some excerpts from the detailed information are given here.

Formats

Regardless of the application used, when your electronic artwork is finalised, please "save as" or convert the images to one of the following formats (Note the resolution requirements for line drawings, halftones, and line/halftone combinations given below.):

EPS: Vector drawings. Embed the font or save the text as "graphics".

TIFF: Colour or greyscale photographs (halftones): always use a minimum of 300 dpi.

TIFF: Bitmapped line drawings: use a minimum of 1000 dpi.

TIFF: Combinations bitmapped line/half-tone (colour or greyscale): a minimum of 500 dpi is required.

DOC, XLS or PPT: If your electronic artwork is created in any of these Microsoft Office applications please supply "as is".

Please do not:

- Supply embedded graphics in your wordprocessor (spreadsheet, presentation) document;
- Supply files that are optimised for screen use (like GIF, BMP, PIC, WPG) the resolution is too low;
- Supply files that are too low in resolution;
- Submit graphics that are disproportionately large for the content.

Colour illustrations

Submit colour illustrations as original photographs, high-quality computer prints or transparencies, close to the size expected in publication, or as 35 mm slides. Please make sure that artwork files are in an acceptable format (TIFF, EPS, or MS Office files) and with the correct resolution. Polaroid colour prints are *not* suitable. If, together with your accepted article, you submit usable colour figures then Elsevier will ensure, at no additional charge, that these figures will appear in colour on the Web (e.g., ScienceDirect and other sites) regardless of whether or not these illustrations are reproduced in colour in the printed version. For colour reproduction in print, you will receive information regarding the costs from Elsevier after receipt of your accepted article. Please indicate your preference for colour print or on the Web only. For further information on the preparation of electronic artwork, please see <http://authors.elsevier.com/artwork>

Please note: Because of technical complications which can arise by converting colour figures to 'grey scale' (for the printed version should you not opt for colour in print) please submit in addition usable black and white prints corresponding to all the colour illustrations.

Supplementary files

Preparation of supplementary data.

Elsevier now accepts electronic supplementary material (e-components) to support and enhance your scientific research. Supplementary files offer the Author additional possibilities to publish supporting applications, movies, animation sequences, high-resolution images, background datasets, sound clips and more. Supplementary files supplied will be published online alongside the electronic version of your article in Elsevier Web products, including ScienceDirect: <http://www.sciencedirect.com>.

In order to ensure that your submitted material is directly usable, please ensure that data is provided in one of our recommended file formats. Authors should submit the material in electronic format together with the article and supply a concise and descriptive caption for each file. For more detailed instructions please visit our artwork instruction pages at <http://www.elsevier.com/artworkinstructions>.

Files can be stored on 3 $\frac{1}{2}$ inch diskette, ZIP-disk or CD (either MS-DOS or Macintosh). This journal offers electronic submission services and supplementary data files can be uploaded via the Author Gateway page of this journal via <http://www.elsevier.com>.

References

1. All publications cited in the text should be presented in a list of references following the text of the manuscript. The number of references should be kept to a minimum. The manuscript should be carefully checked to ensure that the spelling of author's names and dates are exactly the same in the text as in the reference list.
2. In the text refer to the author's name (without initial) and year of publication, followed - if necessary - by a short reference to appropriate pages. Examples: "Since Peterson (1983) has shown that ..." "This is in agreement with results obtained later (Kramer, 1984, pp. 12-16)".
3. If reference is made in the text to a publication written by more than two authors the name of the first author should be used followed by "et al.". This indication, however, should never be used in the list of references. In this list names of first author and co-authors should be mentioned.
4. References cited together in the text should be arranged chronologically. The list of references should be arranged alphabetically on authors' names, and chronologically per author. If an author's name in the list is also mentioned with co-authors the following order should be used: publications of the single author, arranged according to publication dates - publications of the same author with one co-author - publications of the author with more than one co-author. Publications by the same author(s) in the same year should be listed as 1974a, 1974b, etc.
5. Use the following system for arranging your references:
 - a. *For periodicals* Bell, C.H., 1991. Diapause and cold tolerance of larvae of *Ephestia elutella*. *Postharvest Biol. Technol.* 1, 81-93.
 - b. *For edited symposia, special issues, etc., published in a periodical* Kimball, B.A., Idso, S.B., 1983. Increasing atmospheric CO₂: effects on crop yield, water use and climate. In: Stone, J.F., Willis, W.O. (Eds), *Symp. Plant Production and Management under Drought Conditions*, 4-16 October 1982, Tulsa, OK. *Agric. Water Manage.* 7, 55-72.
 - c. *For books* Bouwmans, G. (Ed.), 1985. *Grain Handling and Storage. Developments in Agricultural Engineering*, 4. Elsevier, Amsterdam.
 - d. *For multi-author books* Trägård, C., 1986. Energy requirements in food irradiation. In: Singh, R.P. (Ed.), *Energy in Food Processing. Energy in World Agriculture*, 1. Elsevier, Amsterdam, pp. 203-216.
 - e. *For unpublished reports, departmental notes, etc.* Gull, D.D., 1981. Ripening tomatoes with ethylene. *Vegetable Crops Fact Sheet*, VC-29. Vegetable Crops Department, University of Florida, Gainesville, FL.
6. In the case of publications in any language other than English, the original title is to be retained. However, the titles of publications in non-Latin alphabets should be transliterated, and a notation such as "(in Russian)" or "(in Greek with English abstract)" should be added.

7. Work accepted for publication but not yet published should be referred to as "in press".
8. References concerning unpublished data and "personal communications" should not be cited in the reference list but may be mentioned in the text.

Footnotes

1. Footnotes should only be used if absolutely essential. In most cases it will be possible to incorporate the information in normal text. 2. If used, they should be numbered in the text, indicated by superscript numbers, and kept as short as possible.

Proofs

When your manuscript is received by the Publisher it is considered to be in its final form. Proofs are not be regarded as 'drafts'.

One set of proofs in PDF format will be sent to the corresponding author, to be checked for typesetting/ editing. No changes in, or additions to, the accepted (and subsequently edited) manuscript will be allowed at this stage. Proofreading is solely your responsibility.

The Publisher reserves the right to proceed with publication if corrections are not communicated. Return corrections within 3 working days of receipt of the proofs. Should there be no corrections, please confirm this.

Elsevier will do everything possible to get your article corrected and published as quickly and accurately as possible. In order to do this we need your help. When you receive the (PDF) proof of your article for correction, it is important to ensure that all of your corrections are sent back to us in one communication. Subsequent corrections will not be possible, so please ensure your first sending is complete. Note that this does not mean you have any less time to make your corrections, just that only one set of corrections will be accepted.

Offprints

1. Twenty-five offprints will be supplied free of charge. 2. Additional offprints can be ordered on an offprint order form, which is included with the proofs. 3. UNESCO coupons are acceptable in payment of extra offprints.

Author Services

Authors can also keep track on the progress of their accepted article, and set up e-mail alerts informing them of changes to their manuscript's status, by using the "Track a Paper" feature of Elsevier's [Author Gateway](#).

Postharvest Biology and Technology has no page charges

Information about Postharvest Biology and Technology is available on the World Wide Web at the following address: <http://www.elsevier.com/locate/postharvbio>.