



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRICULTURA E BIODIVERSIDADE**

**HIDRORESFRIAMENTO, REVESTIMENTO
COMESTÍVEL E CÁLCIO COMO ALTERNATIVAS NO
TRATAMENTO PÓS-COLHEITA DE PEDÚNCULOS DE
CAJU**

EDINALDO DE OLIVEIRA ALVES SENA

2016



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRICULTURA E BIODIVERSIDADE**

EDINALDO DE OLIVIRA ALVES SENA

**HIDRORESFRIAMENTO, REVESTIMENTO COMESTÍVEL E CÁLCIO
COMO ALTERNATIVAS NO TRATAMENTO PÓS-COLHEITA DE
PEDÚNCULOS DE CAJU**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Sergipe, como parte das exigências do Curso de Mestrado em Agricultura e Biodiversidade, área de concentração em Agricultura e Biodiversidade, para obtenção do título de “Mestre em Ciências”.

Orientador
Prof. Dr. Marcelo Augusto G. Carnelossi

SÃO CRISTÓVÃO
SERGIPE – BRASIL
2016

**FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE**

S474h Sena, Edinaldo de Oliveira Alves.
Hidroresfriamento, revestimento comestível e cálcio como alternativas no tratamento pós-colheita de pedúnculos de caju / Edinaldo de Oliveira Alves Sena ; orientador Marcelo Augusto Gutierrez Carnelossi. – São Cristóvão, 2016.
81 f.: il.

Dissertação (mestrado em Agricultura e Biodiversidade)–
Universidade Federal de Sergipe, 2016.

1. Caju - Armazenamento. 2. Refrigeração. 3. Colheita - Fisiologia. I. Carnelossi, Marcelo Augusto Gutierrez, orient. II. Título.

CDU 634.573

EDINALDO DE OLIVEIRA ALVES SENA

**HIDRORESFRIAMENTO, REVESTIMENTO COMESTIVEL E CÁLCIO COMO
ALTERNATIVAS NO TRATAMENTO PÓS-COLHEITA DE PEDÚNCULOS DE CAJU**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Sergipe, como parte das exigências do Curso de Mestrado em Agricultura e Biodiversidade, área de concentração em Agricultura e Biodiversidade, para obtenção do título de “Mestre em Ciências”.

APROVADA em 06 de julho de 2016.

Prof. Dr. Luiz Fernando Ganassali de Oliveira Júnior
UFS



Prof. Dr. Steven Alonso Sargent
UF



Prof. Dr. Marcelo Augusto Gutierrez Carnelossi
UFS
(Orientador)

SÃO CRISTÓVÃO
SERGIPE – BRASIL

*Aos que me motivam,
Aos meus pais, Suêde e Idinal.
Aos meus irmãos, Laíala e João Henrique,
Dedico*

AGRADECIMENTOS

À Deus por me manter forte e otimista nesta vida.

Aos meus pais, Suêde e Idinal, pelo amor e apoio incondicional, e irmãos, Laiala e João Henrique, meu porto seguro.

Aos meus familiares pelo incentivo e reconhecimento das etapas alcançadas, em especial, minha tia Ivanilda pela valorização e apoio.

Aos eternos amigos de infância pelos momentos inesquecíveis, em especial a Ziza (*In memoriam*) por toda atenção e amor dedicado.

Aos distantes geograficamente, mas sempre presentes; Patrícia, Mara e Jacy, os meus dias foram mais agradáveis com vocês.

Aos sempre presentes, Paulo Silas e Priscilla Santana pela disponibilidade constante e apoio nas análises das madrugadas.

Ao Prof. Dr. Marcelo Carnellosi, pela confiança, orientação, ensinamentos e amizade, muito obrigado.

À Mayra e Álida pelos ensinamentos metodológicos e companheirismo que se estendeu além da Instituição.

À Maria Alice e Lucas, pelo auxílio durante as análises laboratoriais.

Às amigas Hyrla e Patrícia, pela presteza, apoio, conselhos e bons momentos.

À todos os amigos do laboratório LabFruitH pelos conhecimentos repassados e por tornar o ambiente de trabalho um local mais agradável.

À todos os funcionários do Departamento de Tecnologia de Alimentos pelo apoio ao projeto, em especial a Prof. Dr^a. Alessandra Pagani pelas palavras de incentivo.

Ào Programa de Agricultura e Biodiversidade e seus professores, sobretudo ao Prof. Dr. Luíz Fernando Ganassali pelos ensinamentos pós-colheita, e apoio nos projetos desenvolvidos.

À Universidade Federal de Sergipe, e a CAPES pela concessão da bolsa.

A todos que contribuíram direta ou indiretamente para a realização desta pesquisa, meu muito obrigado.

BIOGRAFIA

Edinaldo de Oliveria Alves Sena, filho de Suêde O A Sena e Idinal O Sena, nasceu na cidade de Baixa Grande, Bahia em 12 de agosto de 1987.

Cursou o ensino fundamental no Colégio Nucelar e Médio no Colégio Normal Cenecista em Baixa Grande, Bahia, concluindo o ensino médio em dezembro de 2005.

Em agosto de 2007 ingressou na Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, recebendo o título de Engenheiro Agrônomo em julho de 2014. Período em que também atuou na função de professor da educação básica, ensino médio, entre 2010-2014.

Em agosto de 2014 iniciou o curso de Mestrado em Agricultura e Biodiversidade na Universidade Federal de Sergipe.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	i
LISTA DE TABELAS	ii
LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS	iii
1. INTRODUÇÃO GERAL	1
2. REFERENCIAL TEÓRICO.....	3
2.1. CAJU	3
2.2. RESFRIAMENTO RÁPIDO	4
2.3. HIDRORESFRIAMENTO	6
2.4. REVESTIMENTO COMESTÍVEL	7
2.5. CÁLCIO NA PÓS-COLHEITA	9
3. CONCLUSÕES GERAIS	11
4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	12
5. ARTIGO 1: INFLUÊNCIA DO HIDRORESFRIAMENTO NA QUALIDADE E VIDA ÚTIL DE PEDÚNCULOS DE CAJU	20
RESUMO.....	20
5.1. Introdução	21
5.2. Materiais e métodos	23
5.2.1. Material vegetal.....	23
5.2.2. Determinação dos tempos e curvas de resfriamento	23
5.2.3. Influência do hidioresfriamento na manutenção da qualidade durante o armazenamento.....	24
5.2.4. Avaliações dos parâmetros de qualidade dos pedúnculos.....	24
5.2.5. Análise estatística.....	26
5.3. Resultados e Discussões	27
5.3.1. Determinação dos tempos e curvas de resfriamento	27
5.3.2. Influência de diferentes temperaturas na aparência visual dos pedúnculos de caju durante o armazenamento	28
5.3.3. Influência do hidioresfriamento na manutenção da qualidade durante o armazenamento.....	30
5.3.3.1. Efeitos sobre a Perda de Peso, parâmetros de Cor e Visual	30
5.3.3.2. Efeito sobre a Firmeza, caracterização físico-química e Vitamina C	34

5.3.3.3. Efeitos sobre os fenóis aparentes e as enzimas polifenoloxidase e peroxidase.....	35
5.3.3.4. Avaliações de danos pós-colheita.....	38
5.4. Conclusões	39
Referências.....	39
6. ARTIGO 2: APLICAÇÃO DE CÁLCIO VIA HIDRORESFRIAMENTO E REVESTIMENTO COMESTÍVEL NA CONSERVAÇÃO E QUALIDADE DE PEDÚNCULOS DE CAJU	44
RESUMO.....	44
ABSTRACT.....	45
6.1. Introdução	45
6.2. Materiais e Métodos.....	46
6.2.1. Material vegetal e tratamentos	46
6.2.2. Fontes de amido e químicas	47
6.2.3. Preparação de soluções de imersão	47
6.2.4. Tratamentos e condições de armazenamento	47
6.2.5. Avaliações	48
6.2.6. Análise estatística.....	50
6.3. Resultados e Discussões	50
6.3.1. Firmeza e a atividade da Pectinametilesterase (PME)	50
6.3.2. Fenóis aparentes e atividade enzimática PPO e POD	53
6.3.3. Atributos de qualidade	55
6.4. Conclusões	62
Referências.....	63

LISTA DE FIGURAS

Figura		Página
1	Característica da curva de resfriamento. Fonte: SILVA et al., (2011).....	5
 ARTIGO 1:Influência do hidrosfriamento na qualidade e vida útil de pedúnculos de caju		
1	Temperaturas e taxas de resfriamento de pedúnculos de caju durante o hidrosfriamento e resfriamento em expositor comercial.....	27
2	Dendograma da análise de agrupamentos para os parâmetros qualidade visual de pedúnculos de caju.....	29
3	Perda de massa fresca (%) de pedúnculos de caju armazenados por 25 dias a 5°C 95%UR.....	31
4	Aparência externa de pedúnculos de caju (A) Resfriados em expositor e (B) Hidrosfriados, armazenados por 25 dias a 5°C 95%UR.....	31
5	Avaliação da qualidade subjetiva em pedúnculos de caju.....	32
6	Variações no teor de Fenóis aparentes de pedúnculos de caju resfriados em refrigerador expositor e hidrosfriados a armazenados a 5°C.....	36
7	Atividade da enzima Polifenoloxidase em pedúnculos de caju resfriados em refrigerador expositor e hidrosfriados a armazenados a 5°C.....	37
8	Atividade da enzima Peroxidase em pedúnculos de caju resfriados em refrigerador expositor e hidrosfriados a armazenados a 5°C.....	38
 ARTIGO 2: Aplicação de cálcio via hidrosfriamento e revestimento comestível na conservação e qualidade de pedúnculos de caju		
1	Efeito dos tratamentos sobre a firmeza de pedúnculos de caju durante o armazenamento a 5° C por 25 dias.	51
2	Efeito dos tratamentos sobre a atividade da enzima pectinametilesterase (PME) em pedúnculos de caju durante o armazenamento a 5° C por 25 dias....	52
3	Efeito dos tratamentos sobre o teor de fenóis aparentes em pedúnculos de caju durante o armazenamento a 5° C por 25 dias.....	53
4	Efeito dos tratamentos sobre a atividade da enzima peroxidase (POD) em pedúnculos de caju durante o armazenamento a 5° C por 25 dias.....	54
5	Efeito dos tratamentos sobre a atividade da enzima Polifenoloxidase (PPO) em pedúnculos de caju durante o armazenamento a 5° C por 25 dias.....	55
6	Efeito de diferentes tratamentos sobre a perda de peso de pedúnculos de caju durante o armazenamento a 5° C por 25 dias.....	56
7	Avaliação da qualidade de pedúnculos de caju.....	57
8	Efeito dos tratamentos sobre parâmetros de cor medidos em duas regiões: vermelha (A,C,E) e amarela (B,D,F) de pedúnculos de caju ao longo de armazenamento refrigerado por 25 dias.....	58
9	Efeito dos tratamentos sobre o teor de antocianinas totais em pedúnculos de caju durante o armazenamento a 5° C por 25 dias.....	59
10	Efeito dos tratamentos sobre o teor de carotenóides totais em pedúnculos de caju durante o armazenamento a 5° C por 25 dias.....	60
11	Efeito dos tratamentos sobre o teor de Vitamina C em pedúnculos de caju durante o armazenamento a 5° C por 25 dias.....	61

LISTA DE TABELAS

Tabela	Página
ARTIGO 1: Influência do hidrosfriamento na qualidade e vida útil de pedúnculos de caju	
1	27
Valores obtidos de parâmetros de resfriamento para pedúnculos de caju a diferentes temperaturas de hidrosfriamento (HY) e Refrigerador Expositor (EXP).....	
2	28
Matriz de correlação da análise multivariada para todos os parâmetros avaliados em pedúnculos de caju resfriados e armazenados a 5°C.....	
3	33
Alterações na cor da epiderme (a*=intensidade do vermelho; h°=ângulo Hue; Chroma= cromaticidade; e L= luminosidade) nos lados ‘vermelho’ e ‘amarelo’ em pedúnculos de caju resfriados em expositor e hidrosfriados, armazenados a 5°C 95%UR por até 25 dias.....	
4	34
Mudanças na firmeza, sólidos solúveis, acidez total, relação SS/AT e Vitamina C de pedúnculos de caju submetidos a resfriamento em refrigerador expositor e hidrosfriamento por 25 dias 5°C e 95% UR.....	
ARTIGO 2: Aplicação de cálcio via hidrosfriamento e revestimento comestível na conservação e qualidade de pedúnculos de caju	
1	62
Variações de sólidos solúveis (%), acidez total (%) e relação SS/AT de pedúnculos de caju submetidos a diferentes tratamentos ao longo de armazenamento a 5° C e 95% UR.....	

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

ANOVA	Análise de Variância
AOAC	Official Methods of Analysis
AT	Acidez Titulável
CAPES	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
CCP 76	Clone de cajueiro anão-precoce
DTA	Departamento de Tecnologia de Alimentos
EMBRAPA	Empresa Brasileira De Pesquisa Agropecuária
EUA	Estados Unidos da América
EXP	Resfriamento em Expositor Vertical
FAO	Food and Agriculture Organization of the United Nations
HY	Hidroresfriamento
HYCa	Hidroresfriamento combinado a Cloreto de Cálcio
PME	Pectinametilesterase
POD	Peroxidase
PPO	Polifenoloxidase
PVC	Policloreto de Polivinila
PVP	Polivinilpirrolidona
RC	Revestimento Comestível
RCCa	Revestimento Comestível enriquecido com Cloreto de Cálcio
SST	Sólidos Solúveis Totais
TAT	Taxa Adimensional de Temperatura
$T_{1/2}$	Tempo de meio resfriamento
$T_{7/8}$	Tempo de sete oitavos de resfriamento
UAE	Unidade de Atividade Enzimática
UFS	Universidade Federal de Sergipe
UR	Umidade Relativa
USDA	United States Department of Agriculture

RESUMO

SENA, Edinaldo Oliveira Alves Sena. **Hidroresfriamento, revestimento comestível e cálcio como alternativas no tratamento pós-colheita de pedúnculos de caju.** São Cristóvão: UFS, 2016. 81p. (Dissertação – Mestrado em Agricultura e Biodiversidade).*

Este estudo teve como objetivo o uso de tecnologias alternativas, físicas e químicas, para preservar a qualidade comercial, melhorar a capacidade de armazenamento, e aumentar a vida útil de pedúnculos de caju (*Anacardium occidentale L.*). Para determinar a temperatura a ser utilizada no hidroresfriamento, pedúnculos foram imersos em água contendo gelo a 1, 3, 5 e 7°C. Foram determinadas a taxa de resfriamento, cor, frescor, avaliação visual, perda de peso e propriedades térmicas. Após a aplicação do hidroresfriamento os pedúnculos foram armazenados por até 15 dias em expositor vertical a 5°C. A temperatura de hidroresfriamento que melhor manteve a qualidade dos pedúnculos sem induzir danos por frio foi à temperatura de 5°C com tempo de resfriamento de 29 min. Após a determinação da temperatura para hidroresfriamento, pedúnculos de caju frescos foram hidroresfriados e resfriados em expositor vertical a 5°C, com armazenamento refrigerado por 25 dias. A cada cinco dias amostras foram retiradas para análises físicas, físico-químicas e enzimáticas. O hidroresfriamento retardou a perda de peso, firmeza, degradação de ácido ascórbico e acidez, e menores atividades das enzimas PPO e POD quando comparado ao uso de expositor vertical. Não foram observadas variações significativas em relação às análises carotenóides, fenóis aparentes, sólidos solúveis e cor entre os tratamentos estudados. Deste modo, o hidroresfriamento se apresentou com tecnologia eficaz de resfriamento e manutenção da qualidade de pedúnculos de caju. Para o estudo de revestimento comestível pedúnculos foram submetidos a quatro tratamentos: hidroresfriamento, hidroresfriamento com posterior aplicação de cloreto de cálcio 2%, revestimento comestível a base de amido de milho 4%, e revestimento comestível enriquecido com cálcio. Após aplicação dos tratamentos os pedúnculos foram armazenados por 25 dias. A cada cinco dias amostras foram retiradas para análises bioquímicas, físicas, físico-químicas e enzimáticas. A aplicação de cálcio tanto no revestimento comestível como após o hidroresfriamento proporcionou uma maior firmeza e menor atividade da pectinametilesterase e polifenoloxidase dos pedúnculos, mantendo a integridade na parede celular. O hidroresfriamento diminuiu as taxas de perda de peso, como de antocianinas e carotenóides, o que resultou na manutenção da qualidade visual, e menor degradação de ácido ascórbico, quando comparados a frutos revestidos. O revestimento a base de amido de milho não foi eficiente na manutenção da qualidade dos pedúnculos durante o período de armazenamento. Pedúnculos de caju, quando hidroresfriados conservaram por mais de 20 dias e para os demais tratamentos a vida útil variou entre 15 e 20 dias. Estes resultados sugerem que o uso do hidroresfriamento e a utilização de cálcio foram eficazes na preservação da qualidade e vida útil de pedúnculos de caju.

Palavras-chave: *Anacardium occidentale L.*, temperatura, armazenamento, senescência, bioquímica, fisiologia pós-colheita.

* Comitê Orientador: Marcelo Augusto Gutierrez Carnelossi – UFS (Orientador).

ABSTRACT

SENA, Edinaldo de Oliveira Alves. **Hydrocooling, edible coating and calcium as alternatives in postharvest treatment of cashew apples.** São Cristóvão: UFS, 2016. 81p. (Thesis - Master of Science in Agriculture and Biodiversity).*

This study aimed use alternative technologies, physical and chemical, to preserve commercial quality, improve storage capacity and extend the shelf life of cashew apples (*Anacardium occidentale* L.). To determine the temperature to be used in hydrocooling, peduncles were immersed in water containing ice at 1, 3, 5 and 7°C. Cooling rate, color, freshness, visual evaluation, weight loss and thermal properties were determined. After application of hydrocooling the peduncles were stored for 15 days in a vertical display cooler at 5°C. The hydrocooling temperature which best maintained the quality of peduncles without inducing chilling injury was softening 5 ° C with 29 min cooling time. After determining the hydrocooling temperature, peduncles cashew apple fresh were hydrocooled or cooled in the cooler at 5°C 25 days peduncles cashew apple. Every five days, for physical, physico-chemical and enzymatic samples were withdrawn analysis. Hydrocooling retarded weight loss, ascorbic acid degradation and acidity, and less of PPO and POD enzyme activity when compared to fruit cooled by air. There were no significant differences carotenoid content, apparent phenols, soluble solids and color between the treatments. Thus, hydrocooling performed as an effective cooling technology and maintained the quality of cashew peduncles. To study the edible coating, peduncles underwent four treatments: hydrocooling, hydrocooling with posterior application of calcium chloride (2%), edible coating based on corn starch (4%), and edible coating enriched calcium. After application of treatments peduncles were stored for 25 days. Every with five days, samples were taken for biochemical, physical, physico-chemical and enzymatic analyzes. Calcium application with both edible coating and after hydrocooling provided greater firmness and less activity of pectinametylerase and polyphenoloxydase of peduncles, maintaining the integrity of the cell wall. Hydrocooling decreased weight loss and degradadation of anthocyanins and carotenoids, which resulted in the maintenance of visual quality, and less degradation of ascorbic acid. The maize starch based coating was not effective in maintaining the quality of peduncles during the storage period. Cashew apples, when hydrocooled retained acce quality for over 20 days; the other treatments shelf life ranged from 15 to 20 days. These results suggest that the use of hydrocooling and utilization of calcium were effective in preserving the quality and shelf life of cashew peduncles.

Key-words: *Anacardium occidentale* L., temperature, storage, senescence, biochemistry, postharvest physiology.

* Supervising Committee: Marcelo Augusto Gutierrez carnellosi – UFS (Orientador).

1. INTRODUÇÃO GERAL

O consumo de frutos tropicais vem aumentando com o crescente reconhecimento de seus valores nutritivos e terapêuticos. Ainda assim, muitas espécies frutíferas nativas de interesse para a agroindústria, ainda são de modelos extrativistas, e subexploradas (DA SILVA et al., 2014).

Com estabelecimento do cajueiro anão-precoce e uso de irrigação localizada, a cajucultura vem aumentando a sua produtividade, com suco integral amplamente aceito pela população, mas até então o aproveitamento dos pedúnculos de caju é reduzido (FAO, 2015; SCHWEIGGERT et al., 2016).

As perdas pós-colheita dos pedúnculos de caju se deve a sua alta perecibilidade; epiderme frágil, favorável à fixação de fungos, e o estabelecimento de um rápido processo fermentativo favorecido pela elevada temperatura e umidade (ALCÂNTARA et al., 2009; SANTOS et al., 2011).

A fim de minimizar as variações indesejáveis nos parâmetros de qualidade durante o período pós-colheita, são adotadas técnicas químicas e físicas, para prolongar a vida útil de produtos vegetais perecíveis, como: aplicação de cálcio, revestimentos comestíveis e resfriamento rápido.

A diminuição da temperatura proporciona a redução da taxa respiratória, reduzindo o metabolismo do fruto, e como efeito, a conservação da qualidade pós-colheita com maior tempo de armazenamento (DEFRAEYE et al., 2015). O hidrosfriamento se destaca como uma tecnologia de resfriamento, onde os frutos são expostos à água fria, por imersão ou aspersão, e o tempo de resfriamento muitas vezes é questão de minutos. A efetividade do hidrosfriamento se deve a eficiência energética, tempo de resfriamento, facilidade na manipulação de grandes quantidades de frutos e ao baixo custo de aplicação (BRECHT e SARGENT, 1990; CARNELOSSI et al., 2014; FERREIRA et al., 2009).

A aplicação de revestimentos comestíveis na conservação de frutos frescos tem surgido como tecnologia emergente para produtos tropicais, diversos biopolímeros têm sido avaliados para subsidiar na escolha de um material que possa contribuir com maior eficiência da cobertura formada (ASSIS e DE BRITTO, 2014; GALUS e KADZINSKA, 2015; LUVIELMO e LAMAS, 2012).

O uso do cálcio na pós-colheita tem sido bem avaliado quanto aos efeitos positivos no atraso da maturação e senescência de frutos e hortaliças, como também no controle de distúrbios fisiológicos e na conservação da integridade de membranas celulares (KHALIQ et al., 2015; ORTIZ et al., 2011; RAO et al., 2011; WANG e LONG, 2015).

A preservação da qualidade pós-colheita de pedúnculos de caju tem se constituído como um dos objetivos na agroindústria de produtos frescos. Ainda não existam dados na literatura sobre o uso de hidroresfriamento, revestimento comestível e associação destas técnicas a cálcio.

Deste modo, este estudo teve por objetivo avaliar a influência do hidroresfriamento, revestimento comestível a base de amido de milho e o efeito do cálcio na conservação pós-colheita de pedúnculos do caju durante o armazenamento refrigerado.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. CAJU

A agroindústria do caju se concentra na região nordeste do país, respondendo por mais de 95% da produção nacional (MACEDO et al., 2015; SANTOS et al., 2011). Com uma área superior a 625 mil hectares, o Brasil apresentou em 2013 uma produção anual de 1,8 milhões de toneladas de pedúnculos de caju (FAO, 2015).

O cajueiro (*Anacardium occidentale* L.) é uma árvore perene, da família das *Anacardiaceae*, de origem brasileira, e popular na América do Sul, estando também presente em muitos países, como Índia, Nigéria e Vietnã (MAZZETTO et al., 2009).

O caju, fruto do cajueiro, é composto pelo pedúnculo hipertrofiado denominado pseudofruto e pela castanha, que constitui o verdadeiro fruto, sendo o produto de maior valor agregado dentro da cadeia produtiva do caju (ABREU et al., 2012). O caju desenvolve-se por seis a oito semanas após a polinização, e mais intensamente durante as duas últimas semanas o pedúnculo intumescce formando um pseudofruto, de formato piriforme ou cilíndrico com 6 – 10 cm de comprimento, 4 – 8 cm de largura, e peso médio de 80- 140g (MOURA et al., 2001; SOARES et al., 2012; WUNNACHIT e SEDGLEY, 1992). A polpa é de coloração amarela, macia, fibrosa, adstringente, de ácida a subácida; e epicarpo fino e ceroso, de cor vermelha, amarela ou vermelha e amarela (CHITARRA e CHITARRA, 2005).

Rico em vitamina C, o pseudofruto do caju ainda destaca-se nutricionalmente por apresentar elevados teores de ácidos orgânicos, carotenoides e compostos fenólicos (AKINWALE, 2000; QUEIROZ, 2011; ZEPKA et al., 2014). Quanto aos minerais, o suco do caju apresenta teores consideráveis de ferro (0,575 mg), cálcio (14,70 mg) e fósforo (32,55 mg) por 100 mL de suco (CODEVASF, 2012).

Os primeiros estudos fisiológicos com o pedúnculo vêm desde 1967 (BIALE e BARCUS, 1967). Esses autores verificaram alta taxa respiratória (74mL a 76ml $O_2.kg^{-1}.h^{-1}$ ou 62mL a 72mL $CO_2.kg^{-1}.h^{-1}$) à temperatura de 20 °C, efeito fisiologicamente desejável para o amadurecimento de frutos tropicais. No entanto, o pedúnculo do caju apresenta modelo de respiração não-climatérico, com taxa mínima de produção de etileno (200 e 400 $nL.kg^{-1}.h^{-1}$) (BIALE e YOUNG, 1981).

A composição físico-química do pedúnculo varia amplamente em função da variedade, do estado de maturação, do tamanho, da duração da colheita e variações ambientais regionais (SANTOS, 2007).

Em maturidade fisiológica ótima, a colheita manual na copa e transporte refrigerado são procedimentos necessários para preservar a qualidade dos pedúnculos, devido ao alto teor de umidade e fragilidade do epicarpo. (MENEZES e ALVES, 1995; MORAES, 2014).

Estima-se que 80% dos pedúnculos são desperdiçados anualmente (ANTONIALI et al., 2012; BIASOTO et al., 2015). A sua alta perecibilidade, a deficiência na armazenagem durante os meses de pico do processamento industrial, associada à limitada capacidade de aproveitamento da indústria, contribuem para esta perda física (SANTOS et al., 2011). Diante disso, a cadeia de beneficiamento do pseudofruto deve se estabelecer sobre condições refrigeradas (5°C e $85 \leq 5\% \text{UR}$), e frutos devidamente embalados, a fim de se alcançar uma vida útil mínima de dez e a máxima de quinze dias, sem apresentar danos por frio (PINHO et al., 2011).

2.2. RESFRIAMENTO RÁPIDO

O resfriamento rápido é uma técnica de resfriamento, que permite remover o calor com que os frutos e hortaliças saem do campo, após a colheita e operações de beneficiamento (TERUEL, 2008). Quando realizado de modo adequado, o resfriamento rápido retarda a perda do frescor, reduz a incidência de doenças, diminui a atividade respiratória e produção de etileno, prolongando a qualidade comercial de frutos e hortaliças (KALBASI-ASHTARI, 2004).

O resfriamento pode ser realizado por diferentes métodos, resfriamento por ar frio (câmara fria ou expositor comercial), que consiste na exposição do produto ao frio, em uma câmara refrigerada e distribuição uniforme do ar; por ar forçado, com a passagem de um fluxo de ar frio de alta velocidade diretamente sobre o produto; e o hidioresfriamento, que utiliza água fria com ou sem gelo em movimento e em contato direto com o produto (SILVA e MEDEROS, 2011).

Cada sistema se diferencia na eficiência de remoção de calor, manutenção da qualidade física e química, e também pelo custo da aplicação para cada tipo de produto (KALBASI-ASHTARI, 2004).

O tempo de resfriamento é um parâmetro utilizado para avaliar a eficiência dos sistemas de resfriamento rápido para fins comerciais e/ou de investigação científica (TERUEL, 2008). O tempo necessário para resfriar o produto à sua temperatura circundante pode ser longo. Dois termos podem ser usados no lugar, dando um sentido

prático para a taxa de resfriamento: tempo de meio resfriamento ($T_{1/2}$), e o tempo de sete oitavos de resfriamento ($T_{7/8}$) (CARNELOSSI et al., 2013; ELANSARI, 2008).

Tempo de meio-resfriamento, é então definido como o tempo necessário para reduzir para metade a diferença de temperatura, entre a temperatura inicial do produto e a temperatura do meio de resfriamento (THOMPSON et al., 1998).

O $T_{7/8}$ é um parâmetro usado para representar a taxa da temperatura de armazenamento recomendada, onde a diferença de temperatura ou calor sensível ainda restante será eliminado gradualmente com menor custo (TERUEL, 2008). Este parâmetro (tempo) pode ser determinado pela Taxa Adimensional de Temperatura (TAT) (TERUEL et al., 2004):

$$TAT (1/2) = \frac{T_p - T_a}{T_i - T_a} = 0,5 \qquad TAT (7/8) = \frac{T_p - T_a}{T_i - T_a} = 0,125$$

Onde: T_p é a temperatura medida no produto durante o resfriamento, T_i é a temperatura inicial do fruto, e T_a é a temperatura do meio de resfriamento.

Estes ($T_{1/2}$ e $T_{7/8}$) estão relacionados ao tempo necessário para resfriar o produto comercialmente, tal como ilustrado na (figura 1):

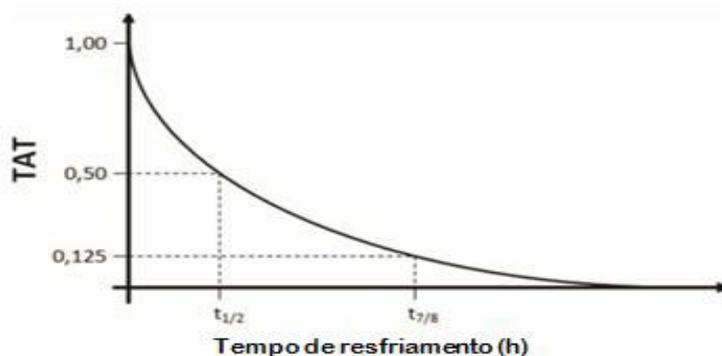


Fig. 1. Característica da curva de resfriamento. Fonte: SILVA et al., (2011).

De acordo com a forma típica exponencial da curva de resfriamento (Fig. 1), a queda de temperatura no início do resfriamento é rápida, e retarda quando o produto se aproxima da temperatura final desejada. Na segunda metade do tempo de resfriamento a diferença de temperatura é reduzida novamente pela metade. Depois de três vezes, o meio-resfriamento torna-se apenas 1/8 da diferença inicial, atingindo o tempo de sete oitavos de resfriamento, temperatura em que o calor pode ser eliminado gradualmente (ELANSARI, 2008).

Teoricamente, a metade do tempo de resfriamento e sete oitavos do tempo de resfriamento, são independentes da temperatura inicial do produto, e permanecem constantes ao longo do período de resfriamento (BROSNAN e SUN, 2001).

Em resfriamento a ar forçado em morangos, o $T_{7/8}$, pode variar entre 0,8 e 1,2 horas (JACOMINO et al., 2011), o que depende do modelo, tamanho da embalagem, e entre outros aspectos. Avaliando o tempo de resfriamento de diferentes técnicas de resfriamento rápido, Brackmann et al., (2009), verificaram que o resfriamento em água gelada foi o método mais eficiente na redução da temperatura de pêssegos (1°C), atingindo a temperatura em 1,4 horas. Para o método de ar forçado, na velocidade de $5,0\text{m.s}^{-1}$ e $1,5^{\circ}\text{C}$, a diminuição da temperatura ocorreu em 2 horas e 45 minutos, enquanto que o resfriamento convencional, em câmara fria, demorou aproximadamente 12 horas (Brackmann et al., 2009).

2.3. HIDRORESFRIAMENTO

Técnica de resfriamento rápido de frutas e hortaliças em que o contato com a água (imersão, aspersão ou lavagem) possibilita a diminuição da temperatura do fruto por meio da dissipação rápida de calor na água, e a desaceleração das atividades fisiológicas do vegetal (LIANG et al., 2013; TERUEL et al., 2008;).

Desde 1923, quando desenvolvido para lavagem de aipo, e em virtude de sua simplicidade e eficiência, o hidroresfriamento se tornou um método de resfriamento popular, bastante difundido nos Estados Unidos (BROSNAN e SUN, 2001).

Com a água apresentando uma alta condutividade térmica, o contato uniforme entre água fria e a superfície de um fruto, faz com que a temperatura deste caia rapidamente até que ocorra o equilíbrio térmico (LIANG et al., 2013).

Em muitas operações, a água de resfriamento é reutilizada, para redução de custos e energia (TOKARSKYY et al., 2015). A higienização do sistema de resfriamento deve ser eficiente em razão da possibilidade de existência de organismos patogênicos na água tanto sob a forma ativa, como de esporos (LIANG et al., 2013; BOYETTE et al., 2014).

Conta-se como vantagem deste método de resfriamento rápido, a possibilidade de sanitização ao tempo em que se aplica o resfriamento (ALLAIS et al., 2009). A sanitização se cumpre por adição do desinfectante contendo cloro a níveis entre 100 a 200 mg.L^{-1} , levando em consideração a tolerância do fruto ao contato com o

desinfetante (DEL AGUILA et al., 2009; TERUEL et al., 2004). O hidroresfriamento deve ser realizado de acordo com as características de cada produto.

O princípio do sistema de hidroresfriamento por imersão completa dos frutos em água fria é o mais adequado para os produtos que não flutuam (KADER, 2002). Trabalhos como o de Manganaris et al. (2007a) fazendo uso de hidroresfriador por método de imersão de cerejas, ao longo de um túnel de resfriamento, simularam o processo industrial (15 min a 1°C), alcançando com a técnica, maior vida de prateleira do fruto.

Muitos hidroresfriadores tem um sistema de refrigeração por compressão de vapor semelhante a um ar condicionado ou refrigerador. Alguns hidroresfriadores não utilizam um sistema de refrigeração, em vez disso, gelo triturado é usado para resfriar a água, sendo adicionado sempre que necessário (BOYETTE, 2014).

Após a prática do hidroresfriamento o produto resfriado deve ser mantido em refrigeração evitando o reaquecimento do produto, também é importante o uso de embalagens fáceis de manusear e resistente à umidade (VIGNEAULT et al., 2007).

2.4. REVESTIMENTO COMESTÍVEL

Um revestimento comestível pode ser definido como uma fina camada de material comestível, aplicada ou formada sobre a superfície de um produto (FAKHOURI et al., 2015). O seu uso tem como função melhorar as barreiras de gás e umidade, integridade mecânica dos vegetais recobertos, e introduzir aditivos antioxidantes e antimicrobianos, a fim de prolongar a vida útil de produtos alimentares (GALUS e KADZINSKA, 2015). As coberturas comestíveis devem ser de boa aderência, não interferindo na aparência natural do produto, também não promover alterações no gosto e cheiro original (ASSIS et al., 2009; LUVIELMO e LAMAS, 2012).

Como estes revestimentos passam a fazer parte do fruto, os materiais empregados devem ser atóxicos e seguros para o uso em alimentos (FDA, 2013). Os compostos mais utilizados para produção das coberturas são as proteínas (colágeno, gelatina, caseína, glúten de trigo, proteína de clara de ovo albumina, proteína miofibrilar) os polissacarídeos (pectina, quitosana, alginato, amido e seus derivados), os lipídios (ceras, monoglicérides acetilados, ésteres de ácido graxo) ou a combinação destes compostos. Os plastificantes (glicerol, sorbitol, monoglicérides) são utilizados

para aumentar a flexibilidade e resistência dos materiais (GALUS e KADZINSKA, 2015; LUVIELMO e LAMAS, 2013).

Existe uma tendência em classificar os compostos empregados, em duas amplas categorias: hidrofílicos e hidrofóbicos (ZARITZKY, 2011). Os hidrofílicos são caracterizados por ligações covalentes polares, o que os tornam solúveis em meio aquoso, favorecendo a dispersão dos compostos e a formação de géis; fazem parte desse grupo, os polissacarídeos. Nos hidrofóbicos predominam as estruturas eletricamente neutras, sem regiões polares definidas, na presença de água tendem a se aglomerar e repelir moléculas polares próximas. Nessa categoria, encontram-se as proteínas e os lipídios (ASSIS e DE BRITTO, 2014).

Os revestimentos comestíveis constituídos em polissacarídeos, como o amido, tem sido propostos para estender a vida de prateleira de frutos inteiros e de corte (ALVES et al., 2011; FURTADO, 2013; SILVA et al., 2011). O amido é um ingrediente bastante utilizado na indústria alimentar, devido a sua aplicação como espessante, geleificante, estabilizante coloidal e retentor de umidade (SINGH et al., 2003).

O amido é obtido de sementes de milho, trigo, arroz, tubérculos e raízes (WEBER et al., 2009). É formado por dois tipos de polímeros de glicose, amilose e amilopectina. A aplicabilidade do amido na produção de revestimentos baseia-se nas propriedades (físicas, químicas, e funcionais) da amilose, para formação de géis e filmes (MALI et al., 2010). Weber et al. (2009) avaliando diferentes tipos de amido de milho, por meio da determinação das características físico-químicas, morfológicas e reológicas, verificou teor de amilose igual a 71, 28 e 2% para amido de milho com alto teor de amilose, amido de milho normal, e amido de milho ceroso, respectivamente.

A eficiência de coberturas comestíveis depende não somente do material, mas também do produto a ser revestido. A combinação de coberturas comestíveis a outros tratamentos como ácido málico (SALINAS-ROCA et al., 2016) ácido cítrico (CHEN et al., 2016) óleos essenciais (GUERREIRO et al., 2015), cloreto de cálcio (KHALIQ et al., 2015), são também utilizadas na tentativa de melhorar seu desempenho na qualidade pós-colheita de frutos e hortaliças.

2.5. CÁLCIO NA PÓS-COLHEITA

O cálcio é um mensageiro secundário com aplicação na regulação fisiológica de vegetais a nível celular. Possui papel fundamental no crescimento e desenvolvimento de plantas e respostas aos sinais ambientais (AGHDAM et al., 2012).

Este elemento mineral é transportado no xilema; com o fim da divisão e início da expansão celular o seu acesso aos tecidos dos frutos é diminuído (LURIE, 2009). A concentração de cálcio no interior da célula é equilibrada pela presença de íons de cálcio (Ca^{2+}) nos vacúolos, retículo endoplasmático, mitocôndrias e parede celular (AGHDAM et al., 2012). Em resposta a estímulos fisiológicos e externos, o cálcio é então liberado destes reservatórios (TUTEJA e MAHAJAN, 2007).

A parede celular contém 60-70% do Ca^{2+} disponível nos tecidos da planta, tendo como função a estabilização da parede celular (DEMARTY et al., 1984). Na parede celular os íons de cálcio mediam pontes iônicas entre moléculas de pectina para formar redes de polímeros reticulados na lamela média, os pectatos de cálcio. (BRUMMEL, 2006; ORTIZ et al., 2011). A força mecânica criada, reforça a adesão célula-a-célula possibilitando o atraso na degradação de ligações intercelulares ao longo da maturação e senescência do fruto (TOIVONEN e BRUMMELL, 2008). Diferentes estudos têm mostrado a eficácia de cálcio em estender a vida útil de frutos e hortaliças, em pimentão (RAO et al., 2011), cerejas (WANG e LONG, 2015), morangos (LARA et al., 2004) e maçãs (ORTIZ et al., 2011).

A aplicação de cálcio tem como função a regulação da firmeza, mantendo-se o turgor e a integridade da membrana celular, e contribuindo assim, em retardar a senescência de frutos e hortaliças na pós-colheita (KHALIQ et al., 2015, MANGANARIS et al., 2007b).

Como evento programado, o amadurecimento e senescência, que envolvem a biossíntese de etileno e o consumo de Ca^{2+} em meios citosólicos, resulta em alterações degradantes em membranas, paredes celulares e organelas (AGHDAM et al., 2012; TOIVONEN e BRUMMELL, 2008).

O amadurecimento é um fenômeno geneticamente programado e irreversível que envolve a ativação de vias metabólicas essenciais para o desenvolvimento de atributos de qualidade dos vegetais (GIOVANNONI, 2001). E está associado com a despolimerização e rearranjo da parede celular e lamela média, por ação de enzimas, levando ao amolecimento do fruto (GOULAO et al., 2008; TOIVONEN e BRUMMELL, 2008). As ligações de cálcio podem reduzir a acessibilidade de enzimas

degradantes como a pectinametilesterase e poligalacturonase (MADANI et al., 2014; VICENTE, et al., 2009). A mesma ação foi relatada por Figueroa et al. (2012) em que aplicação de cálcio pós-colheita, retardou a degradação da parede celular, retardando o amadurecimento de morangos durante o armazenamento refrigerado.

A aumento da degradação pode resultar na perda de qualidade e redução na vida de prateleira dos frutos (PALIYATH et al., 2008), estes resultados são acelerados com ativação de enzimas degradantes e atuação de organismos patogênicos. Madani et al. (2014) com pulverização de cloreto de cálcio na pré-colheita de mamão, verificaram o aumento no teor de cálcio na epiderme dos frutos, e conseqüentemente a incorporação do cálcio exógeno na parede celular, resultando em efeitos significativos na manutenção da qualidade do mamão.

Tratamentos de cálcio na pós-colheita reduziu a incidência e severidade da podridão em frutos de maçã (HOLB et al., 2012) e pêssago (ELMER et al., 2007). Irfan et al. (2013) verificou a eficiência de cloreto de cálcio no controle crescimento e de bactérias mesofilicas, leveduras e bolores em figos sob armazenagem refrigerada. O cálcio exógeno também reforçou o potencial antioxidante, em cereja (AGHDAM et al., 2013), e em cenouras sob stress de ferimentos pós-colheita (JACOBO-VELAZQUEZ et al., 2011).

O cálcio é uma alternativa segura e aplicável na manutenção da qualidade de frutos e hortaliças. No entanto, altas concentrações de sais de cálcio podem retardar ou mesmo acelerar os processos relacionados à senescência (MANGANARIS et al., 2007b). Estes autores verificaram que o uso de lactato de cálcio e propionato de cálcio (Ca 187,5 mM) aumentou o teor de cálcio em pêssagos, com riscos a lesões, ao mesmo tempo em que acelerou o processo de amolecimento da polpa.

O efeito do cálcio combinado a outras técnicas de preservação da qualidade de frutos e hortaliças também foram avaliados. A adição de cálcio na água de resfriamento foi pesquisada por Wang e Long (2015) em cerejas, o cálcio na água de hidroresfriamento reduziu a incidência de rachaduras e divisões nos frutos, devido à manutenção ou reforço da estrutura da parede celular. Em mangas revestidas com goma arábica 10%, a associação com cloreto de cálcio reduziu efetivamente a incidência de podridões, preservando a qualidade pós-colheita (KHALIQ et al., 2015).

3. CONCLUSÕES GERAIS

O hidrosfriamento pode ser tratado como alternativa na gestão da temperatura pós-colheita de pedúnculos de caju, quando este for realizado logo após a colheita, e água clorada a 5°C por 29 minutos.

O hidrosfriamento aumentou em até dois dias a vida útil de pedúnculos de caju, armazenados a 5°C, em relação ao resfriamento em expositor comercial.

O hidrosfriamento reduziu a ação de enzimas degradantes, sendo eficiente na manutenção da qualidade e controle de microrganismos.

O uso do cálcio 2% associado ao hidrosfriamento ou revestimento comestível, foi eficiente na manutenção da firmeza dos pedúnculos de caju, porém não influenciou nas demais características avaliadas.

O uso de revestimento comestível a base de amido de milho não foi eficaz na manutenção da qualidade de pedúnculos de caju em armazenamento a frio. Porém outros materiais de revestimentos e filmes comestíveis devem ser explorados. Assim como a associação de agentes antioxidantes, e agentes antimicrobianos naturais.

4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, F. A. P.; DORNIER, M.; DIONISIO, A. P.; CARAIL M.; CARIS-VEYRAT, C.; DHUIQUE-MAYER, C. Cashew apple (*Anacardium occidentale* L.) extract from by-product of juice processing: a focus on carotenoids. **Food Chemistry**, v. 138, p. 25-31, 2012.

AGHDAM M.S., DOKHANIEH A.Y., HASSANPOUR H., FARD J.R. Enhancement of antioxidant capacity of cornelian cherry (*Cornus mas*) fruit by postharvest calcium treatment. **Scientia Horticulturae**, v.161, p.160-164, 2013.

AGHDAM M.S., HASSANPOURAGHDAM, M.B., PALIYATH, G., FARMANI, B. The language of calcium in postharvest life of fruits, vegetables and flowers. **Scientia Horticulturae**, v.144, p.102-115, 2012.

AKINWALE, T.O. Cashew apple juice: Its use in fortifying the nutritional quality of some tropical fruits. **European Food Research Technology**, v. 211, p.205–207, 2000.

ALCÂNTARA, S.R., ALMEIDA, F.A.C., DA SILVA, F.L.H., GOMES, J.P. Isotermas de adsorção do pedúnculo seco do caju. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 13, p.81-87, 2009.

ALLAIS, I., LÉTANG, G. Influence of mist-chilling on post-harvest quality of fresh strawberries Cv. Mara des Bois and Gariguette. **International journal of refrigeration**. v. 32, n. 6, p. 1495-1504, 2009.

ALVES, A. I.; SARAIVA, S. H. S.; LUCIA, S. M. D.; TEIXEIRA, L. J. Q.; JUNQUEIRA, M. S. Qualidade de morangos envolvidos com revestimento comestível antimicrobiano à base de diferentes fontes de amido. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.7, n.13, p.1519-1526, 2011.

ANTONIALI, S.; LEAL, MARTINS, P. A.; MAGALHÃES, A. M.; SANCHES, J. Resfriamento rápido de pimentão amarelo com ar forçado. **Ciência Rural** (UFSC. Impreso), v. 42, p. 1110-1116, 2012.

ASSIS, O.B.G, DE BRITTO, D. coberturas comestíveis protetoras em frutas: fundamentos e aplicações. **Brazilian Journal of Food Technology**, v.17, p. 87-97, 2014.

ASSIS, O.B.G.; BRITO, D.; FORATO, L.A. 2009. O uso de biopolímeros como revestimentos comestíveis protetores para conservação de frutas in natura e minimamente processadas. **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento**. São Carlos, Embrapa Instrumentação Agropecuária, 23 p.

BIALE, J. B.; BARCUS, D. E. Respiratory pattern in tropical fruits of the Amazon Basin. **Tropical Science**, London, v.12, n. 2, p.93104, 1967.

BIALE, J.B.; YOUNG, R. E. Respiration and ripening in fruits retrospect and prospect. In: FRIEND, J. ;RHODES, M. J.C. (eds.) **Recent advances in the biochemistry of fruits and vegetables**, London: Academic Press, p.1-37, 1981

BIASOTO, A. C. T.; SAMPAIO, K. L.; MARQUES, E. J. N.; DA SILVA, M. A. A. P.. Dynamics of the loss and emergence of volatile compounds during the concentration of cashew apple juice (*Anacardium occidentale* L.) and the impact on juice sensory quality. **Food Research International**, v. 69, p. 224-234, 2015.

BOYETTE, M. D.; ESTES, E. A.; RUBIN, A. R. Hydrocooling. Iniciativa: Energy Division, North Carolina Department of Economic and Community Development e, North Carolina State University. **North Carolina Cooperative Extension Service**, 2014.

BRACKMANN, A.; WEBER, A.; HETTWER, G. EISERMANN, A. C. Pre-cooling on 'Chiripá' peaches quality. **Ciência Rural**, v. 39, n. 8, p. 2354-2360, 2009.

BRECHT, J. K.; SARGENT, S. A. Commercial room cooling, hydrocooling, and forced-air cooling of snap beans in wooden crates and corrugated cartons: effects on quality. **Hortscience**, v. 25, p. 1133, 1990.

BROSNAN, T.; SUN, D. W. Precooling techniques and applications for horticultural products - a review. **International Journal of Refrigeration**, Oxford, v.24, n. 2, p.154-170, 2001.

BRUMMELL, D.A. Cell wall disassembly in ripening fruit. *Funct. Plant Biology*, v. 33, 103–119, 2006.

CARNELOSSI, M. A. G.; SARGENT, S. A.; BERRY, A. D. Influence of Clamshell Position on strawberry Fruit Cooling Rate Using Forced-air Colling. **Florida State Horticultural Society**. Flórida, v. 126, p. 196-199, 2013.

CARNELOSSI, M. A.G; SARGENT, S.A.; BERRY, A. Hydrocooling, forced air colling and hydrocooling plus forced air cooling of two southern highbush blueberry cultivars and effects on fruit quality. IN: CONFERÊNCIA ANUAL ASHS (American Society for Horticultural Science), n° 16964, 2014, Orlando. **Anais eletrônicos...** Flórida, 2014. Disponível em: <<https://ashs.confex.com/ashs/2014/webprogram/Paper16964.html>>. Acesso em: 25 de mar. 2015.

CHEN, C., PENG, X., ZENG, R., CHEN, M., WAN, C., CHEN, J. Ficus hirta fruits extract incorporated into an alginate-based edible coating for Nanfeng mandarin preservation, **Scientia Horticulturae** v. 202, p.41-48, 2016.

CHITARRA, M.I.F, CHITARRA,A.B. **Pós-colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manuseio**. 2ª edição, Lavras: UFLA, 2005.785p.

CODEVASF. BIP, **Boletim Informativo dos Perímetros da Codevasf**, nº10, 2012. Disponível em: <<http://www.codevasf.gov.br/principal/promocao-e-divulgacao/boletim-informativo-dos-perimetros-da-codevasf/bip-10a-ed.pdf/view>>. Acesso em 20 jun. 2015.

DA SILVA, L.M.R., DE FIGUEIREDO, E.A.T., RICARDO, N.M.P.S., VIEIRA, I.G.P., DE FIGUEIREDO, R.W., BRASIL, I.M., GOMES, C.L. Quantification of bioactive compounds in pulps and by-products of tropical fruits from Brazil. **Food Chemistry**, v. 143, p. 398-404, 2014.

DEL AGUILA, J. S.; HOFMAN, P.; CAMPBELL, T.; MARQUES, J. R.; DEL AGUILLA, L. S.; H; KLUGE, R. A. Pré-resfriamento em água de lichia 'B3' mantida em armazenamento refrigerado. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 39, n. 8, p. 2373-2379, 2009.

DEFRAEYE, T., CRONJÉ, P., BERRY, T., OPARA, U. L., LESTRE, A., HERTOOG, M., VERBOVEN, P. NICOLAI, B. (no prelo). Towards integrated performance evaluation of future packaging for fresh produce in the cold chain. Revisão de Literatura. **Trends in Food Science & Technology**. 2015.

DEMARTY, M., MORVAN, C., THELLIER, M. Calcium and the cell wall. **Plant Cell Environ**, v. 7, p. 441–448, 1984.

ELANSARI, A.M. Hydrocooling rates of Barhee dates at the Khalal stage. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v.48, p.402-407, 2008.

ELMER, P.A.G.; SPEERS, T.M.; WOOD, P.N. Effects of pre-harvest foliar calcium sprays on fruit calcium levels and brown rot of peaches. **Crop Protection**, Kidlington, v.26, p.11-18, 2007.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS - FAO [2015]. **Production cashew apple**. Disponível em: <<http://faostat.fao.org/site/567/DesktopDefault.aspx?PageID=567#ancor>>. Acesso em 04 de jun. 2015.

FAKHOURI, F.M., MARTELLI, S.M., CAON, T., VELASCO, J.I., MEI, L.H. I. Edible films and coatings based on starch/gelatin: Film properties and effect of coatings on quality of refrigerated Red Crimson grapes. **Postharvest Biology and Technology**, v. 109, p.56-64, 2015.

FERREIRA, M. D., STEVEN, A. S.; BRECHT, J. K.; CHANDLER, C. K. Strawberry Bruising Sensitivity Depends on the Type of Force Applied, Cooling Method, and Pulp Temperature. **Hortscience**. v. 44, n.7, p. 1953–1956, 2009.

FIGUEROA, C.R., OPAZO, M.C., VERA, P., ARRIAGADA, O., DÍAZ, M., MOYA-LEÓN, M.A. Effect of postharvest treatment of calcium and auxin on cell wall composition and expression of cell wall-modifying genes in the Chilean strawberry (*Fragaria chiloensis*) fruit. **Food Chemistry**, v.132, p.2014-2022, 2012.

FURTADO, M. C.; SOUZA, J. F.; COUTO, H. G. S. A.; MATOS, P. N.; CARNELOSSI, M. A. G. 2015. Ação do revestimento comestível a base de amido e do antioxidante no controle do índice de escurecimento (IE) de inhame (*Dioscorea spp.*) minimamente processado. In: **Congresso Brasileiro de Processamento mínimo e Pós-colheita de frutas, flores e hortaliças**, 001. Anais... Aracaju-SE, 2015.

GALUS, S., KADZINSKA, J. Food applications of emulsion-based edible films and coatings. **Trends in Food Science & Technology**, v. 45, P. 273-283, 2015.

GIOVANNONI, J.J. Molecular biology of fruit maturation and ripening. *Annu. Rev. Plant Physiol.* **Plant Molecular Biology**, v. 52, p. 25–749, 2001.

GOULAO, L. F., OLIVEIRA, C. M. Cell wall modifications during fruit ripening: When a fruit is not the fruit. **Trends in Food Science and Technology**, v. 19, p. 4–25, 2008.

GUERREIRO, A.C., GAGO, C.M.L., FALEIRO, M.L., MIGUEL, M.G.C., ANTUNES, M.D.C. The effect of alginate-based edible coatings enriched with essential oils constituents on *Arbutus unedo* L. fresh fruit storage. **Postharvest Biology and Technology**, v. 100, p.226-233, 2015.

applications, fruit injury, and storage atmospheres on postharvest brown rot of apple. **Postharvest Biology and Technonology**, v. 67, p. 29-36, 2012.

IRFAN, P.K., VANJAKSHI, V., KESHAVA PRAKASH, M.N., RAVI, R., KUDACHIKAR, V.B. Calcium chloride extends the keeping quality of fig fruit (*Ficus carica* L.) during storage and shelf-life. **Postharvest Biology Technology**, v. 82, p.70–75, 2013.

JACOBO-VELAZQUEZ, D.A., MARTÍNEZ-HERNANDEZ, G.B., RODRÍGUEZ, S.C., CAO, C.M., CISNEROS-ZEVALLOS, L. Plants as biofactories: physiological role of reactive oxygen species on the accumulation of phenolic antioxidants in carrot tissue under wounding and hyperoxia stress. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 59, p. 6583–6593, 2011.

JACOMINO, A. P. SARGENT, S. A.; BERRY, A. D.; BRECHT, J. K. Potential for Grading, Sanitizing, and Hydrocooling Fresh Strawberries. **Florida State Horticultural Society**. Flórida, v. 124, p. 221–226, 2011.

KADER, A. A. **Postharvest technology of horticultural crops**. 3.ed. Oakland : University of California, Agriculture and Natural Resources, 580p., 2002.

KALBASI-ASHTARI, A. Effects of post-harvest pre-cooling processes and cyclical heat treatment on the physico-chemical properties of "Red Haven Peaches" and "Shahmavch Pears" during cold storage. **Agricultural Engineering International: the CIGR Journal of Scientific Research and Development**, Florida, v. 6, p. 01-17, 2004.

KHALIQ, G., MOHAMED, M.T.M, ALI, A., DING,F., GHAZALI, H.M. Effect of gum arabic coating combined with calcium chloride on physico-chemical and qualitative properties of mango (*Mangifera indica* L.) fruit during low temperature storage. **Scientia Horticulturae**, v.190, p.187-194, 2015.

LARA,I, GARCIA, P., VENDRELL, M. Modifications in cell-wall composition after cold storage of calcium-treated strawberry (*Fragaria ananassa* Dish.) fruti. **Postharvest Biology and tecnologia**, v. 34, p. 331-339, 2004.

LIANG, Y. S.; WONGMETHA, O.; WU, P. S.; KE, L. S. Influence of hydrocooling on browning and quality of litchi cultivar Feizixiao during storage. International jornal of refrigeration. **International Journal of Refrigeration**. Oxford, v. 36, n. 3, p. 1173-1179, 2013.

LURIE, S. **Stress physiology and latent damage**. In: Florkowski, W.J., Shewfelt, R.L., Brueckner, B., Prussia, S.E. (Eds.), *Postharvest Handling: A Systems Approach*. Academic Press, p. 443–459, 2009.

LUVIELMO, M.M., LAMAS, S.V. Revestimentos comestíveis em frutas. **Estudos Tecnológicos em Engenharia**, v. 8, p. 8-15, 2012.

MACEDO, M., RODRIGUES, R. D.P., PINTO, G.A.S. BRITO, E.S. Influence of pectinolytic and cellulolytic enzyme complexes on cashew bagasse maceration in order to obtain carotenoids. **Journal of Food Science and Technology**. v. 52, n. 6, p. 3689–3693, 2015.

MADANI, B., MOHAMED, M.T.M, BIGGS, A.R., KADIR, J., AWANG, Y., TAYEBIMEIGOONI, A., SHOJAE, T.R. Effect of pre-harvest calcium chloride applications on fruit calcium level and post-harvest anthracnose disease of papaya. **Crop Protection**, v. 55, p. 55-60, 2014.

MALI, S., GROSSMANN, M.V.E., YAMASHITA, F. Filmes de amido: produção, propriedades e potencial de utilização Starch films: production, properties and potential of utilization. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 31, p.137-156, 2010.

MANGANARIS, G. A.; ILIAS, I. F.; VASILAKAKIS, M.; MIGNANI, I. The effect of hydrocooling on ripening related quality attributes and cell wall physicochemical properties of sweet cherry fruit (*Prunus avium* L.). **International Journal of Refrigeration**, Oxford, v. 30, n. 8, p. 1386-1392, 2007a.

MANGANARIS, G.A., VASILAKAKIS, M., DIAMANTIDIS, G., MIGNANI, I. The effect of postharvest calcium application on tissue calcium concentration, quality attributes, incidence of flesh browning and cell wall physicochemical aspects of peach fruits. **Food Chemistry**, v.100 p. 1385–1392, 2007b.

MAZZETTO, S.E., LOMONARCO, D., MELE, G. Óleo da castanha de caju: oportunidades e desafios no contexto do desenvolvimento e sustentabilidade industrial. **Química Nova**, v.32, p. 732-741 2009.

MENEZES, J.B.; ALVES, R.E. **Fisiologia e tecnologia pós colheita do pedúnculo do caju**. Fortaleza: EMBRAPACNPAT, 1995. 20p. (EMBRAPA-CNPAT, Documentos, 17), 1995.

MORAES, F. P. de. **Polpa desidratada de caju amarelo (*Anacardium occidentale L.*) por atomização em spray dryer: caracterização físico-química, bioativa e estudo da vida de prateleira do produto**. 2014, 122 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química). Faculdade de Engenharia Química, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2014. Disponível em: <http://repositorio.ufrn.br:8080/jspui/bitstream/123456789/15859/1/FranciscaPM_DISSE RT.pdf>. Acesso em: 04 mai. 2015.

MOURA, C.F.H, ALVES, R.E.A., INNECCO, R., FILGUEIRAS, H.A.C., MOSCA, J.L., PINTO, S.A.A. Características físicas de pedúnculos de cajueiro para comercialização in natura. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.23, p.537-540, 2001.

ORTIZ, A., GRAELL, J., LARA, I. Cell wall-modifying enzymes and firmness loss in ripening ‘Golden Reinders’ apples: A comparison between calcium dips and ULO storage. **Food Chemistry**, v.128, p.1072-1079, 2011.

PALIYATH, G., TIWARI, K., YUAN, H., WHITAKER, B.D. **Structural deterioration in produce: phospholipase D, membrane deterioration, and senescence**. In: Paliyath, G., Murr, D.P., Handa, A.K., Lurie, S. (Eds.), *Postharvest Biology and Technology of Fruits Vegetables, and Flowers*. , first ed. Wiley-Blackwell, USA, p. 195–239, 2008.

PINHO, L. X.; AFONSO, M. R. A.; CARIOCA, J. O.; COSTA, J. M. C. da.; BESERRA, J. O.; RYBKA A., C. P. Desidratação e aproveitamento de resíduo de pedúnculo de caju como adição de fibra na elaboração de hambúrguer. **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v. 22, n. 4, p. 571-576, 2011.

QUEIROZ, C.; LOPES, M.L.M.; FIALHO, E.; MESQUITA, V.L.V. Changes in bioactive compounds and antioxidant capacity of fresh-cut cashew apple. **Food Research International**, v. 44, p. 1459 –1462, 2011.

RAO, T.V.R., GOL, N.B., SHAH, K.K. Effect of postharvest treatments and storage temperatures on the quality and shelf life of sweet pepper (*Capsicum annum L.*). **Scientia Horticulturae**, v. 132, p. 18–26, 2011.

SALINAS-ROCA, B., SOLIVA-FORTUNY, R., WELTI-CHANES, J., MARTIN-BELLOSO, O. Combined effect of pulsed light, edible coating and malic acid dipping to improve fresh-cut mango safety and quality, **Food Control**, v. 66, p. 190-197, 2016.

SANTOS, R. P.; MARINHO, M. M.; SÁ, R.A.; MARTINS, J.L.; TEIXEIRA, E.H.; ALVES, F.C.S.; RAMOS, V.S.C.; SOUZA, G.S.; CAVADA, B. S.; SANTOS, R. P. Compositional analysis of cashew (*Anacardium occidentale* L.) peduncle bagasse ash and its in vitro antifungal activity against Fusarium species. **Revista Brasileira de Biociências** (Online), v. 9, n. 2, p. 200-205, 2011.

SANTOS, S. F. M. **Estudo da produção de pectinase por fermentação em estado sólido utilizando pedúnculo de caju como substrato. 2007**, 151 f. Tese. (Doutorado em Engenharia Química) – Faculdade de Engenharia Química, Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal, RN, 2007. Disponível em: <ftp://dns.ufrn.br/pub/biblioteca/ext/bdtd/SHARLINEFMS.pdf>. Acesso em: 03 de mai. 2015.

SCHWEIGGERT, R.M., VARGAS, E., CONRAD, J., HEMPEL, J., GRAS, C.C., ZIEGLER, J.U., MAYER, A., JIMÉNEZ., V., ESQUIVEL, P., CARLE, R. Carotenoids, carotenoid esters, and anthocyanins of yellow-, orange-, and red-peeled cashew apples (*Anacardium occidentale* L.). **Food chemistry**, v. 200, p.274–82. 2016.

SILVA, A. A. L.; BONOMO, R. C. F.; CHAVES, M. A.; REBOUÇAS, K. H.; SANTOS, T. D. R.; OLIVEIRA, A. A. C. L. O. Efeitos de revestimentos de amido gelatinizado no armazenamento refrigerado de banana prata (musa aab). **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v.13, n.3, p.235-241, 2011.

SILVA, J. C. T. R.; MEDEROS, B. J. T. Control system for forced-air cooling of horticultural products. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 31, n. 4, 2011.

SINGH, N., SINGH, J., KAUR, L., SODHI, N. S., GILL, B.S. Morphological, thermal and rheological properties of starches from different botanical sources. **Food Chemistry**, v. 81, p. 219-231, 2003.

SOARES, D. J.; CAVALCANTE, C. E. B.; CARDOSO, T. G.; FIGUEIREDO, E. A. T.; FIGUEIREDO, E. A. T.; MAIA, G. A.; SOUSA, P. H. M.; FIGUEIREDO, R. W. Study of the stability of cashew nuts obtained from conventional and organic cultivation. **Semina-Ciências Agrárias** (Online), v. 33, p. 1855-1868, 2012.

TERUEL, B. J. M. Tecnologias de resfriamento de frutas e hortaliças. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v.14, n.2, p.199-220, 2008.

TERUEL, B.; KIECKBUSCH, T.; CORTEZ, L. Cooling parameters for fruits and vegetables of different sizes in a hydrocooling system. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 61, n.6, p. 655-658, 2004.

THOMPSON, J. F.; GORDON, M. F.; RUMSEY, T. R.; KASMIRE, R. F.; CRISOSTO, C. H., 1998. **Commercial Cooling of Fruits, Vegetables and Flowers**. University of California Division of Agricultural and Natural Resources, Publication no. 2156. 61p, 1998. Disponível em: <https://books.google.com.br/books>. Acesso em: 25/04/2015.

TOIVONEN, P.M.A, BRUMMELL, D.A. Biochemical bases of appearance and texture changes in fresh-cut fruit and vegetables. **Postharvest Biology and Technology**, v. 48, p.1-14, 2008.

TOKARSKYY, O., SCHNEIDER, K.R. BERRY, A., SARGENT, S.A., SREEDHARAN, A. Sanitizer applicability in a laboratory model strawberry hydrocooling system. **Postharvest Biology and Technology**, v. 101, p. 103-106, 2015.

TUTEJA, N., MAHAJAN, S. Calcium signaling network in plants. **Plant Signal. Behav**, v. 2, p.79–85, 2007.

VICENTE, A.R., MANGANARIS, G.A., SOZZI, G.O., CRISOSTO, C.H. **Nutritional quality of fruits and vegetables**. In: Florkowski, W.J., Shewfelt, R.L., Brueckner, B., Prussia, S.E. (Eds.), *Postharvest Handling: A Systems Approach*. Academic Press, p. 57–106, 2009.

VIGNEAULT, C.; GYETTE, B.; GARIÉPY, Y.; CORTBAOUI, P.; CHARLES, M.T.; RAGHAVAN, G.S.V. Effect of ear orientations on hydrocooling performance and quality of sweet corn. **Postharvest Biology and Technology**, v. 43, n. 3, p. 351-357, 2007.

WANG, Y., LONG, L.E. Physiological and biochemical changes relating to postharvest splitting of sweet cherries affected by calcium application in hydrocooling water. **Food Chemistry**, v. 181, p.241-247, 2015.

WEBER, F.H., COLLARES-QUEIROZ, F.P., CHANG, Y.K. Caracterização físico-química, reológica, morfológica e térmica dos amidos de milho normal, ceroso e com alto teor de amilose. **Ciência Tecnologia Alimentos**, v.29, n.4, p.748-753, 2009.

WUNNACHIT, W., SEDGLEY, M. Floral structure and phenology of cashew in relation to yield. **Journal of Horticultural Science**, Ashford, v.67, n.6, p.769-777, 1992.

ZARITZKY, N. Edible coating to improve food quality and safety. In: AGUILERA, J. M.; SIMPSON, R.; WELTI-CHANES, J.; BERMUDEZ AGUIRRE, D.; BARBOSA-CÁNOVAS, G. (Ed.). **Food engineering interfaces**. p. 631-660, 2011.

ZEPKA, L.Q.; GARRUTI, D. S.; SAMPAIO, K. L.; MERCADANTE, A. Z. ; DA SILVA, M. A. A.P. Aroma compounds derived from the thermal degradation of carotenoids in a cashew apple juice model. **Food Research International**, v. 56, p. 108-114, 2014.

5. ARTIGO 1: INFLUÊNCIA DO HIDRORESFRIAMENTO NA QUALIDADE E VIDA ÚTIL DE PEDÚNCULOS DE CAJU

Periódico a ser submetido: Postharvest Biology and Technology

RESUMO

Este trabalho teve como objetivo determinar a temperatura para o hidioresfriamento de pedúnculos de caju, bem como verificar o efeito do hidioresfriamento na manutenção da qualidade dos pedúnculos. Cajus (*Anacardium occidentale* L.) foram hidioresfriados por imersão em água clorada a 1, 3, 5 e 7°C. Para controle, frutos foram resfriados em refrigerador a 5°C. Após os tratamentos todos os frutos foram armazenados a 5°C por 15 dias e durante esse período determinadas a taxa de resfriamento, cor, frescor, avaliação visual, perda de massa e propriedades térmicas. Frutos hidioresfriados a 1 e 7°C foram mais sensíveis ao hidioresfriamento, com menor qualidade visual, murchamento e maior perda de massa fresca. Recomenda-se que pra o hidioresfriamento de caju seja utilizada a temperatura de 5°C. Após determinação da temperatura a ser utilizada no hidioresfriamento, pedúnculos de caju foram então hidioresfriados (HY) ou resfriados em refrigerador expositor (EXP) a 5°C, e mantidos sob refrigeração por 25 dias. Durante esse período e a cada cinco dias, amostras foram retiradas para análises físicas, físico-químicas e enzimáticas. Os frutos HY apresentaram maior frescor, firmeza, acidez, e menor perda de massa fresca e vitamina C quando comparado ao EXP. Com o aumento no consumo dos fenóis aparentes durante o armazenamento, registrou-se aumento na atividade das enzimas PPO e POD, com valores superiores para EXP. À perda da cor vermelha, foi constante ao longo do armazenamento, independente do método de resfriamento.

Palavras-Chave: *Anacardium occidentale* L., resfriamento rápido, enzimas oxidativas, conservação.

ABSTRACT

Influence of hydrocooling in quality useful life of peduncles cashw apple

This study aimed to determine the hydrocooling temperature in Cashew apples, as well as the effect of hydrocooling in maintaining the quality of peduncles. Cashew fruits (*Anacardium occidentale* L.) were hydrocooled by immersion in chlorinated water at 1, 3, 5 and 7°C. To control fruit were cooled in display cooler (5°C). After all treatments, the fruits were stored at 5°C for 15 days, during which time cooling rate, color, freshness, visual evaluation, weight loss and thermal properties were determined. Hydrocooled fruits at 1 and 7°C were more sensitive to hydrocooling, with lower visual quality, shriveling and increased fresh weight loss. It is recommended to be used cashew hydrocooling 5°C. After determining the temperature to be used in hydrocooling, cashew apples were then hydrocooled (HY) or cooled in the display cooler (EXP) at 5°C, and maintained under refrigeration for 25 days. During this period, and every five days, samples were taken for physical, physico-chemical and enzymatic. HY fruits showed greater freshness, firmness, acidity, and less loss of weight and vitamin C compared to EXP. With the increase in the consumption of phenols apparent during storage, was recorded increased activity of enzymes PPO and POD, with higher values for EXP. The loss of red color was constant throughout the storage, independent of cooling method.

Key-words: *Anacardium occidentale* L., rapid cooling, oxidative enzymes, conservation.

5.1. Introdução

O caju (*Anacardium occidentale* L.) é um fruto tropical nativo do Brasil, tem em sua cultura uma grande importância socioeconômica para região nordeste do país, para alguns países africanos e Índia (Lopes et al., 2011; Rawson et al., 2011). O caju é composto por duas partes distintas, a castanha (fruto) representa apenas 10% do peso total do produto colhido, e o pedúnculo (pseudofruto) usualmente conhecido como caju (Abreu et al., 2013). O pedúnculo, importante fonte de ácido ascórbico, compostos fenólicos, minerais e ácidos orgânicos (Akinwale, 2000; Michodjehoun-Mestres et al., 2009; Zepka et al., 2014), são preferencialmente comercializados como polpa congelada, suco e néctar (Schweiggert et al., 2016). Cerca de 1,8 milhões de toneladas de pedúnculos, são processadas anualmente para obtenção da castanha, produto de maior valor agregado, e mais de 80% dos pedúnculos são descartados como resíduos industriais (Leitão et al., 2011).

A baixa comercialização dos pedúnculos frescos se deve a sua alta perecibilidade. A vida útil pós-colheita de pedúnculos é inferior a 48 horas quando armazenados à temperatura ambiente como consequência à diminuição do valor nutricional e a susceptibilidade ao ataque de microrganismos (Moura et al., 2010; Queiroz et al., 2011).

O controle da temperatura é a técnica mais utilizada na conservação pós-colheita de frutos e hortaliças (Kader, 2002). Como estratégia, o uso do resfriamento associado ao armazenamento refrigerado auxilia na manutenção da qualidade durante o manuseio comercial, possibilitando estender a vida útil dos produtos frescos (Chiabrando e Giacalone, 2011, Gunther et al., 2015). Há uma variedade de técnicas de resfriamento disponíveis, que incluem o resfriamento a vácuo, ar forçado, ar frio (câmara fria) e hidrosfriamento. Cada sistema se diferencia na eficiência de remoção de calor (Kalbasi-Ashtari, 2004).

O hidrosfriamento é um método de resfriamento rápido, de abordagem simples e de baixo custo. O produto pode ser pulverizado ou mergulhado em água gelada e o resfriamento é por vezes, mais rápido que os métodos convencionais (Elansari 2008; Jacomino et al., 2011). A água como meio do hidrosfriamento promove maior eficiência na condutividade térmica para a perda do calor de campo, e auxílio na redução da sujeira e da carga microbiana (Liang et al., 2013; Tokarsky et al., 2015).

A eficiência do processo de hidrosfriamento é dependente da temperatura da água e as limitações de cada produto, no que obedece à temperatura e a duração do resfriamento, a fim de ser comercialmente aplicável (Manganaris et al., 2007). O que define a temperatura de resfriamento e armazenamento de frutos e hortaliças é a tolerância ao frio, condições de estresse podem desencadear danos pós-colheita e a perda de fatores de qualidade (DeEll et al., 2000; Brackmann et al., 2009; Choi et al., 2015).

Investigações sobre os efeitos do hidrosfriamento foram realizadas em diversos vegetais, como cereja (Manganaris et al., 2007; Wang e Long 2015), lichia (Liang et al., 2013), manga (Ravindra et al., 2008), blueberry (Carnelossi et al., 2014), tâmara (Elansari, 2008), morango (Tokarsky et al., 2015; Jacomino et al., 2011), milho doce (Vigneault et al., 2007), alface (Esparza et al., 2013; França et al., 2015), pepino (DeEll et al., 2000), laranja, ameixa e cenoura (Teruel et al., 2004).

No entanto não foram encontrados registros do uso de hidrosfriamento e os seus efeitos sobre a qualidade de pedúnculos de caju na pós-colheita. O objetivo deste

estudo foi verificar os efeitos do hidrosfriamento sobre o metabolismo e a vida útil de pedúnculos de caju durante o armazenamento refrigerado, como também determinar o tempo e a temperatura de hidrosfriamento a partir das influências de diferentes temperaturas de hidrosfriamento sobre a qualidade pós-colheita de pedúnculos de caju.

5.2. Materiais e métodos

5.2.1. Material vegetal

Pedúnculos de caju, clone CPP 76, maduros fisiologicamente (Lopes et al., 2011) foram colhidos manualmente no início da manhã (06:00) em pomar comercial e imediatamente após a colheita, foram transportados durante 4 horas. Após o transporte os pedúnculos foram selecionados por uniformidade de cor, tamanho, aparência e ausência de danos.

5.2.2. Determinação dos tempos e curvas de resfriamento

O hidrosfriamento foi realizado, com imersão dos pedúnculos em água gelada em diferentes temperaturas: 1°C (H1), 3°C (H3), 5°C (H5) e 7°C (H7). Os frutos foram hidrosfriados em tanques plásticos retangular com capacidade de 200L, a medida de água e gelo utilizada correspondeu ao volume recomendando pela USDA para hidrosfriamento de produto a granel (Hardenburg et al.,1990; Kitinoja e Gorny,1999). Na água utilizada para o hidrosfriamento foi adicionado cloro (200 ppm Cl^{-1}) para a higienização dos pedúnculos. A temperatura da água foi mantida constante e continuamente monitorada com a adição de gelo triturado ou água quando necessário.

A temperatura dos pedúnculos de caju foram monitoradas com Termopar MT-405 (Minipa, Brasil) equipado com duas sondas térmicas (Tipo K). O sensor isolado foi introduzido longitudinalmente na polpa do produto e as temperaturas registradas a cada minuto. A temperatura da polpa antes do resfriamento foi de $22\pm 1^\circ\text{C}$. Como controle foi utilizado o sistema de resfriamento em expositor comercial modelo V400C (Springer, Brasil), no qual os pedúnculos (E5) foram dispostos em apenas uma camada dentro de caixas plásticas e submetidos à temperatura de 5°C e 95% UR. O mesmo sistema de aquisição de dados foi utilizado para determinar a temperatura dos frutos.

Os tempos adimensionais, tempo de meio resfriamento ($Z_{1/2}$) e sete oitavos de resfriamento ($Z_{7/8}$) foram calculados de acordo com Teruel et al. (2004). Esses tempos foram definidos como os tempos necessários para resfriar a polpa de vegetais em 1/2 ou

7/8 da diferença entre a temperatura inicial do produto e a temperatura do fluido de resfriamento (Carnelossi et al., 2013). Após o resfriamento todos os pedúnculos foram drenados, separados em bandeja de isopor, com três repetições por tratamento e imediatamente mantidos a 5°C e 95% UR. Em intervalos de três dias, os pedúnculos foram avaliados quanto às mudanças de propriedades térmicas, perda de massa fresca, parâmetros de cor e qualidade visual por 15 dias. A experiência foi repetida duas vezes.

5.2.3. Influência do hidrosfriamento na manutenção da qualidade durante o armazenamento

Aproximadamente 14,5 kg de pedúnculos de caju foram hidrosfriados com água a 5°C, até que atingissem a temperatura média de 7°C ($Z_{7/8}$). Para o resfriamento em expositor comercial procedeu-se como descrito no item 5.2.2. Após o hidrosfriamento, os pedúnculos foram acondicionados em bandejas e armazenados em refrigerador expositor. Para cada tratamento, doze pedúnculos a partir de quatro repetições foram amostrados a cada cinco dias por até 25 dias.

5.2.4. Avaliações dos parâmetros de qualidade dos pedúnculos

A perda de massa fresca foi determinada por pesagem das bandejas em balança digital METRA (NeoBio, Brasil) no início do armazenamento, e a cada avaliação, expressa como taxa percentual de perda de massa fresca.

A coloração da epiderme foi medida com colorímetro CR-400 (Minolta Sensing Inc., Japão) em dois lados do fruto: o vermelho (correspondente ao lado do fruto com maior exposição à luz na planta) e o amarelo (lado do fruto com menor exposição à luz) e expressos em termos de Luminosidade (L^*), Chroma (C^*), ângulo *Hue* (h°) e a^* (intensidade do vermelho).

A aparência visual foi medida de acordo com Moura et al. (2005), utilizando a seguinte escala. 0: Pedúnculo com boa aparência, resistente a choque mecânico, Isento de enrugamento, cheiro agradável. 1: Manchas pequenas de mudança de cor. 2: Descoloração em aproximadamente metade do pedúnculo. 3: Perda de brilho, mudança total de coloração, presença de depressão, características de contato com a superfície. 4: Liberação espontânea de suco, presença de fungos, cheiro desagradável, impróprio para consumo. Os resultados foram expressos em grau médio para cada replicação.

A perda de frescor foi medida de acordo com Jacomino et al. (2011) onde, 9- Excelente: Aparência completamente fresca, alto brilho; 7- Bom: ainda fresca, ainda

brilhante; 5- Razoável: aparência não fresca, brilho baixo, limite de comercialização; 3- Ruim: sem brilho, limite da usabilidade; 1-Extremamente ruim: aparência murcha. Os resultados foram expressos em grau médio para cada replicação. O número de frutos com qualquer incidência de crescimento micelial visível, apodrecimento e danos pós-colheita foi registrada.

As propriedades térmicas, condutividade e resistividade, foram determinadas em pedúnculos individuais com a inserção transversal de uma agulha hipodérmica com sensor térmico modelo KD2 (Decagon, Brasil), sendo a condutividade térmica expressa em $Wm^{-1}C^{-1}$ e a resistividade térmica em $m^{\circ}C W^{-1}$ (Carnelossi et al., 2004).

A firmeza foi medida com penetrômetro digital de bancada 53205TR (Fruit Pressure Tester, Itália) com ponta de prova de 8 mm. Foi feita a remoção do epicarpo e cada pedúnculo foi colocado sob a sonda e a força máxima para penetrar 3 mm na polpa foi registrada e expressa em Newtons (N). A firmeza foi medida duas vezes na região equatorial de cada fruto.

Os sólidos solúveis (SS) foram determinados com refratômetro digital modelo HI 96801 (Hanna Instruments, Romênia) de acordo com método oficial AOAC 932.12 (1997). A acidez titulável (AT) foi determinada de acordo com o método da AOAC Oficial 942.15 (1997), por titulação com solução 0,1N de NaOH, e expresso como percentagem de ácido málico (Price et al., 1975). Os valores das medidas de SS e AT permitiram calcular a razão SS/AT, que serviu de indicativo do gosto dos frutos, conforme o proposto por Baldwin (2002).

A extração e análise de vitamina C, seguiu o procedimento descrito por Carnelossi et al. (2002) com base no método da AOAC, 43.064 (1984), pelo princípio da redução do diclorofenol-2,6-indofenol por ácido ascórbico. O teor de vitamina C foi expresso em $mg.100g^{-1}$.

O teor de fenóis aparentes do extrato aquoso dos frutos foi determinado segundo metodologia descrita por Kubota (1995), utilizando o reagente Folin-Ciocalteau (Sigma) e curva padrão de D-catequina. Os resultados foram expressos em μg D-catequina g^{-1} do extrato aquoso.

A extração enzimática para a polifenoloxidase (PPO; EC: 1.10.3.1) e peroxidase (POD, EC: 1.11.1.7) foi realizada de acordo com Simões et al., (2015) com modificações. Foram obtidas homogeneizando 1 g do material vegetal em 6 ml de tampão fosfato (0,2 M pH 6,0) contendo 1% (v/v) de polivinilpirrolidona (PVP). A mistura foi centrifugada (Eppendorf Centrifuge 5804R) a 10.000 g durante 21 min a

4°C. O sobrenadante foi à fonte de enzima. A atividade da PPO foi monitorada a 420nm em espectrofotômetro UV-2601 (Rayleigh, China), utilizando catecol como substrato exógeno. A mistura da reação continha 500 µL de extrato enzimático e 500 µL de catecol (0,2M) em 500 µg de tampão fosfato (pH 6,5). A amostra branco continha 1,5 mL de solução de substrato. Uma unidade de atividade enzimática (1 UAE) foi definida como a quantidade de enzima que provoca uma alteração da absorvância 0,001 por minuto. O mesmo extrato de enzima foi utilizado para determinar a atividade POD.

A atividade da POD foi medida utilizando-se 500 µL de tampão fosfato de sódio (0,2 M, pH 6,0), 100 µL do extrato enzimático, 200 µL de guaiacol (0,5%) e 200 µL de peróxido de hidrogênio a 0,08% (v/v). Uma UAE foi definida como a quantidade de enzima que provoca a alteração da absorvância de 0,001 (470 nm) por minuto.

5.2.5. *Análise estatística*

A pesquisa foi conduzida em delineamento inteiramente casualizado em sistema fatorial com cinco tratamentos e seis períodos de armazenamento para o primeiro experimento, e dois tratamentos e seis períodos de armazenamento para o segundo experimento. Os dados foram submetidos a duas vias de análise estatística: Análise multivariada (1° experimento) e Análise de variância - ANOVA (2° experimento). Os requisitos distribuição normal e homogeneidade das variâncias foram certificados.

A análise de componentes principais (ACP) foi adotada para verificar o efeito entre os tratamentos e tempo de armazenamento (variáveis independentes) e todas, as variáveis medidas, como variáveis dependentes. Análise de agrupamento hierárquica ou Análise de Cluster foi realizada empregando como coeficiente de semelhança a medida de dissimilaridade euclidiana, por método de Ward. As variáveis foram analisadas em *software* Statistica 7.0 (STATSOFT, 2016).

Para a análise de variância, as variáveis efeitos dos tratamentos, períodos de armazenamento e suas interações, foram analisadas. Os dados foram gerados em *software* SISVAR 5.6 (Ferreira, 2014), por meio do teste Tukey ($P \leq 0,05$) e apresentados como médias \pm erros padrão.

5.3. Resultados e Discussões

5.3.1. Determinação dos tempos e curvas de resfriamento

O tempo de resfriamento foi proporcional às diferentes temperaturas de água de hidroresfriamento (Fig. 1 e Tabela 1). O tempo necessário para resfriar os pedúnculos a 1, 3, 5 e 7°C foi de 30, 33, 29 e 26 min, respectivamente.

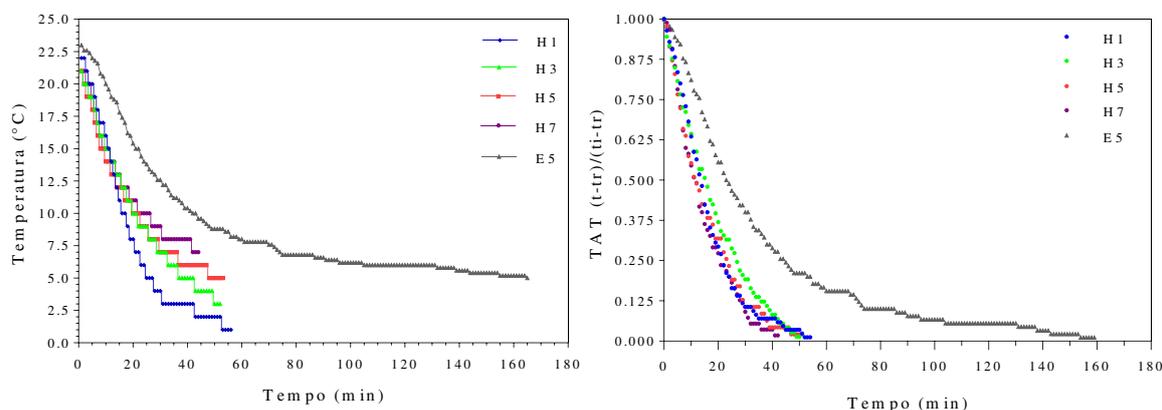


Fig. 1. Temperaturas e taxas de resfriamento de pedúnculos de caju durante o hidroresfriamento e resfriamento em expositor comercial. Os dados representam a média de quatro termopares para cada temperatura.

Nos frutos controle, resfriados diretamente em refrigerador expositor, verificou-se uma diminuição de 16°C na temperatura da polpa com 76 min de monitoramento (Tabela 1). Em cajus hidroresfriados a 5°C, a temperatura dos frutos no início do hidroresfriamento foi de 21°C, diminuindo 14°C e alcançando a temperatura de armazenamento ($T^{\circ}_{7/8}$) em 29 min do hidroresfriamento. Pedúnculos hidroresfriados, registraram $TAT_{7/8}$ 34% menor ($P \leq 0,05$) que frutos resfriados em expositor.

Tabela 1. Valores obtidos de parâmetros de resfriamento para pedúnculos de caju a diferentes temperaturas de hidroresfriamento (HY) e Refrigerador Expositor (EXP).

Tratamento	Temperatura Inicial T_i (°C)	TAT ($Z_{1/2}$) (min)	TAT ($Z_{7/8}$) (min)	Temperatura ($T^{\circ}_{1/2}$)	Temperatura ($T^{\circ}_{7/8}$)	Equação de regressão	R^2
1°C HY	21	11,85c	30,20c	11,65	3,66	$y = 1.240e^{-0.076x}$	0.9838
3°C HY	21	14,19b	32,93b	12,15	5,29	$y = 1.429e^{-0.074x}$	0.9382
5°C HY	21	11,81d	29,36c	12,85	6,96	$y = 1.271e^{-0.079x}$	0.9810
7°C HY	21	11,02e	25,93d	14,50	8,88	$y = 1.394e^{-0.093x}$	0.9700
5°C EXP	23	21,00a	76,37a	14,00	7,25	$y = 0.843e^{-0.025x}$	0.9643

Valores seguidos de letras diferentes em uma coluna específica indicam diferença significativa de acordo com o teste de Tukey a $P \leq 0,05$.

Em um estudo de resfriamento de tâmaras, frutos hidrosfriados alcançaram TAT em tempos 99% menor comparado ao resfriamento em câmara fria (Elansari, 2008). Isso porque a água é um eficiente meio de transferência de calor quando comparado ao ar frio (USDA, 2004), neste ultimo método o resfriamento pode não ser uniforme devido à variabilidade nas características de fluxo de ar (Carnelossi et al., 2013). Dessa forma o hidrosfriamento se apresentou como uma técnica eficaz na perda do calor de campo dos pedúnculos de caju avaliados.

5.3.2. Influência de diferentes temperaturas na aparência visual dos pedúnculos de caju durante o armazenamento

O efeito dos tratamentos sobre as variáveis analisadas por meio da análise de componentes principais (ACP) permitiu verificar que os dois primeiros componentes explicam aproximadamente 64% da variância das variáveis analisadas, dos quais 47% foi explicado pelo fator 1, este fator foi influenciado pelos seguintes parâmetros: visual, perda de frescor, perda de massa fresca, medidas de cor Chroma (do lado vermelho), h° e a* de ambas as regiões avaliadas nos frutos (Tabela 2). O fator 2, com 17%, foi associado às variáveis propriedades térmicas (condutividade e resistividade) e a Luminosidade.

Tabela 2. Matriz de correlação da análise multivariada para todos os parâmetros avaliados em pedúnculos de caju resfriados e armazenados a 5°C.

Parâmetros	Fator 1	Fator 2
Condutividade	-0.1707	-0.7490*
Resistividade	0.1430	0.7435*
Visual	-0.8805*	-0.1570
Perda de Frescor	0.8585*	0.2083
Perda de Massa	0.6748*	0.0024
Luminosidade (v)	-0.0512	0.7032*
Luminosidade (a)	0.0755	0.7205*
Ângulo Hue (v)	-0.7658*	0.2402
Ângulo Hue (a)	-0.7145*	-0.0827
Cromaticidade (v)	0.7116*	0.5968
Cromaticidade (a)	0.5658	0.5247
a* (v)	0.8548*	0.3298
a* (a)	0.7743*	0.2590
Autovalores	6.1600	2.1866
% Variância	47.3860	16.8202
% Variância acumulada	47.3860	64.2063

Dada à importância do fator 1 para explicação da variância, verificou-se que para pedúnculos de caju o efeito da perda de água resulta em perda de frescor e massa

fresca (valores positivos); assim como a redução da qualidade visual e perda de cor em ambos os lados avaliados dos frutos (valores negativos) (Tabela 2). Em relação ao fator 2, verificou-se que as variáveis correlacionadas: resistividade e luminosidade (valores positivos), e condutividade (valor negativo) possivelmente refletem a perda da fina camada de cera natural que reveste os pedúnculos. A manutenção da cera natural promoveu maior luminosidade por propriedades de reflectância, e resistividade por propriedades isolantes. Ao longo do armazenamento propriedades expressaram-se com o aumento da condutividade com a redução da resistividade (Tabela 2). Mostrando que dos estádios de desenvolvimento, estes resultados estão integrados a senescência dos pedúnculos de caju.

A senescência também se refletiu como parte de uma programação normal de desenvolvimento dos vegetais na análise de agrupamento hierárquica (Fig. 2). Observou-se o arranjo de cinco grupos, e em geral, os tratamentos são claramente agrupados por tempos de armazenamento (Fig. 2). Pedúnculos hidroresfriados a 1 e 7°C, mantiveram características dissimilares das demais temperaturas de hidroresfriamento e expositor; indicando estresse fisiológico influenciado pelo grau e duração do frio, induzindo a danos aparentes ao longo do armazenamento e contribuindo para a perda de qualidade do produto (Cortez et al., 2002).

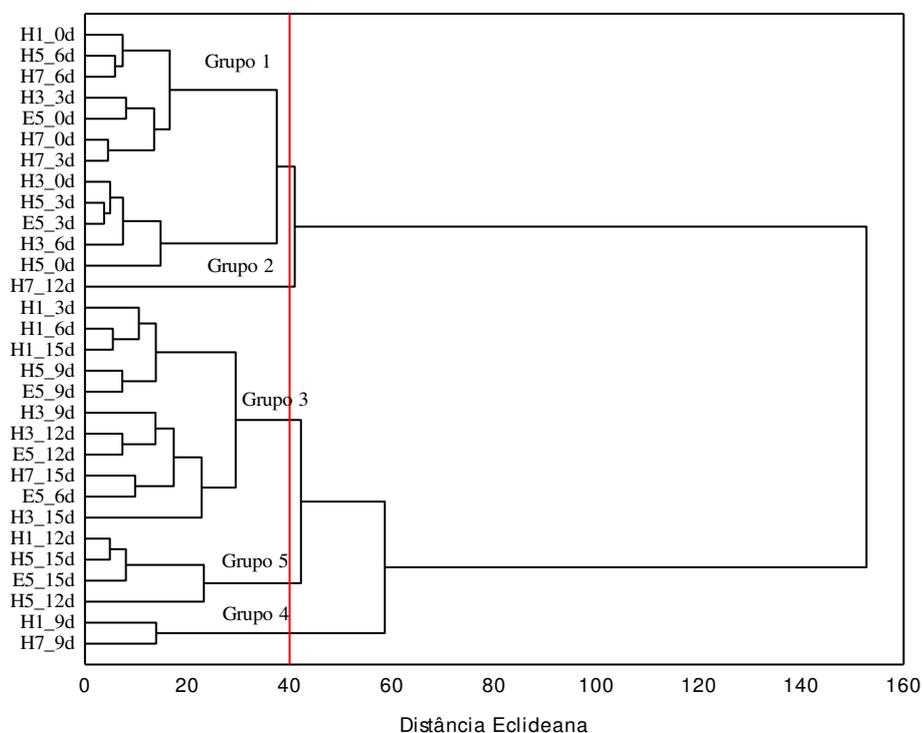


Fig. 2. Dendrograma da análise de agrupamentos para os parâmetros qualidade visual de pedúnculos de caju. Legenda: Hidroresfriamento: H1= 1°C, H3=3°C, H5= 5°C, H7=7°C e E5= Refrigerador expositor a 5°C; Dias de armazenamento: 0, 3, 6, 9, 12 e 15 dias.

Amostras que compõe o Grupo 1 (Fig. 2), são caracterizadas por possuir maior qualidade visual e frescor, como reflexo do maior teor de pigmentos vermelhos (*Chroma*, *Hue* e a^*), menor perda de massa e condutividade térmica, e maior resistividade. O Grupo 3, por sua vez apresentaram valores crescentes de perda de massa, frescor e da cor vermelha (Fig. 2). Enquanto que nos Grupos 2 e 4, foram apenas caracterizados por apresentar considerável perda de massa e cor, conseqüentemente menor frescor, cromaticidade e luminosidade. Por fim, representando o estágio mais avançado de senescência, no Grupo 5 verificou-se os maiores valores de condutividade, perdas de massa, a menor qualidade visual e coloração amarelada mais presente (maior grau de *Hue* e menor a^*).

Dessa forma, como temperatura mínima de segurança, indica-se o uso do hidrofresamento a uma temperatura semelhante à temperatura de armazenagem recomendada, de 5°C, assim diminuindo o risco de danos por frio.

5.3.3. Influência do hidrofresamento na manutenção da qualidade durante o armazenamento

5.3.3.1. Efeitos sobre a Perda de Peso, parâmetros de Cor e Visual

Logo após o resfriamento, verificou-se perda (-0,04%) de massa fresca dos pedúnculos EXP (Fig. 3). Ao final do armazenamento, frutos HY apresentaram uma perda de 5,6%, significativamente menor que frutos EXP, com perdas de 9,4% (Fig. 3A). Efeitos semelhantes foram observados em morangos hidrofresados quando comparados ao resfriamento a ar forçado (Ferreira et al., 2006; Jacomino et al., 2011).

No presente estudo a perda de massa fresca estar relacionada ao fluxo de água no vegetal. Após a colheita, ocorre à interrupção no suprimento de água para o vegetal, e a transpiração torna-se responsável por promover a perda de água (Taiz e Zeiger, 2013). Por exemplo, em vegetais não-climatéricos, como o caju, os efeitos combinados de transpiração e respiração são estáveis em condições de armazenagem ideal (Kader, 2002). Mas o aumento da taxa respiratória pode estar associado com o avançado estágio de senescência e a maior incidência de microrganismos. A senescência, esta principalmente ligada às características histológicas dos pedúnculos. Com paredes celulares hipodérmicas finas, os sintomas de murcha e enrugamento em pedúnculos de caju tornaram-se evidentes com o aumento da perda de massa (Fig. 3 e 4).

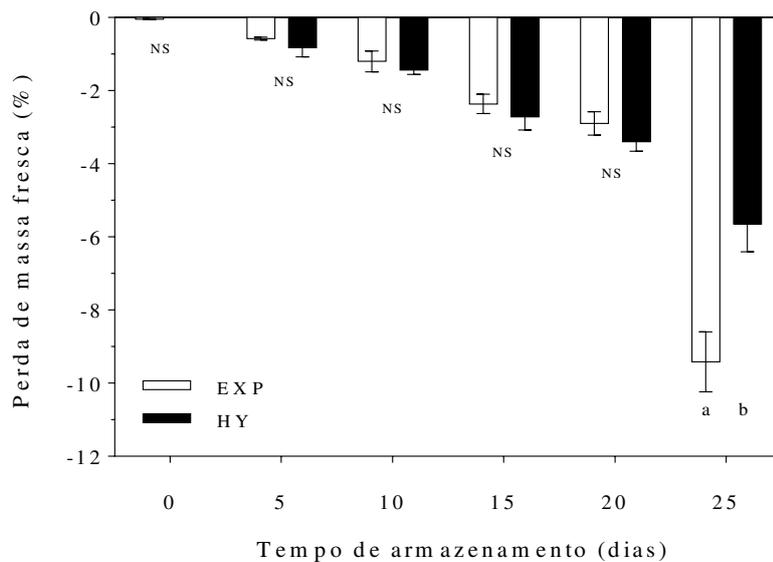


Fig. 3. Perda de massa fresca (%) de pedúnculos de caju armazenados por 25 dias a 5°C 95%UR. As barras verticais indicam o erro padrão das médias (n=3). NS = não significativo, letras diferentes representam diferenças significativas entre os tratamentos para o mesmo período avaliado de acordo com o teste de Tukey ($P \leq 0,05$).

Os pedúnculos de caju registraram elevada perda de massa após 20 dias de armazenamento (Fig. 3), com maior expressão em sinais de muita em pedúnculos EXP (Fig. 4).

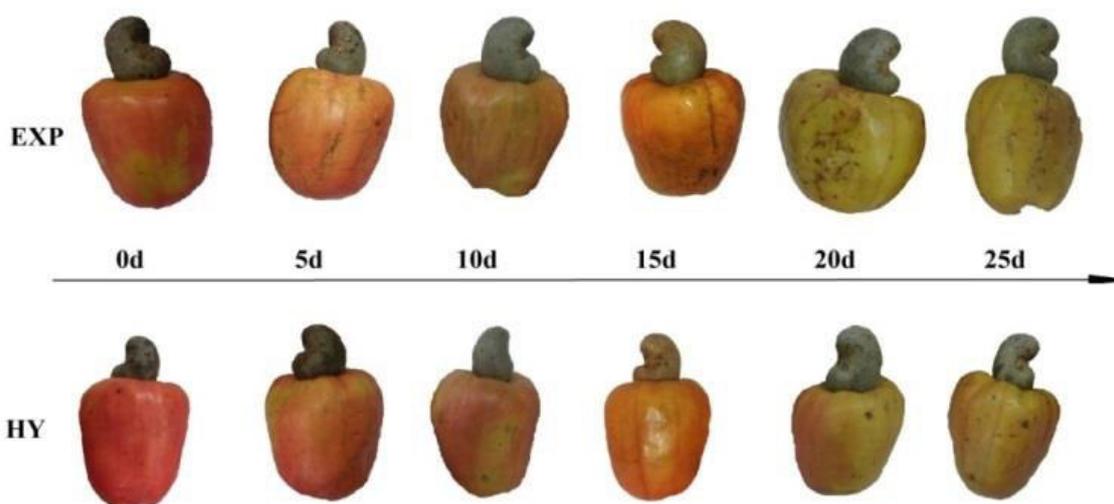


Fig. 4. Aparência externa de pedúnculos de caju, armazenados por 25 dias a 5°C 95%UR.

A qualidade visual e frescor foram mantidos por até 10 dias sem variação estatística, verificando uma vida útil pós-colheita não superior a 20 d para ambos os

métodos de resfriamento (Fig. 5A). Ao final do armazenamento os frutos resfriados em expositor, registravam notas 4 e 1 (Figuras 5A e B), aparência murcha, presença de fungos e impróprio para o consumo.

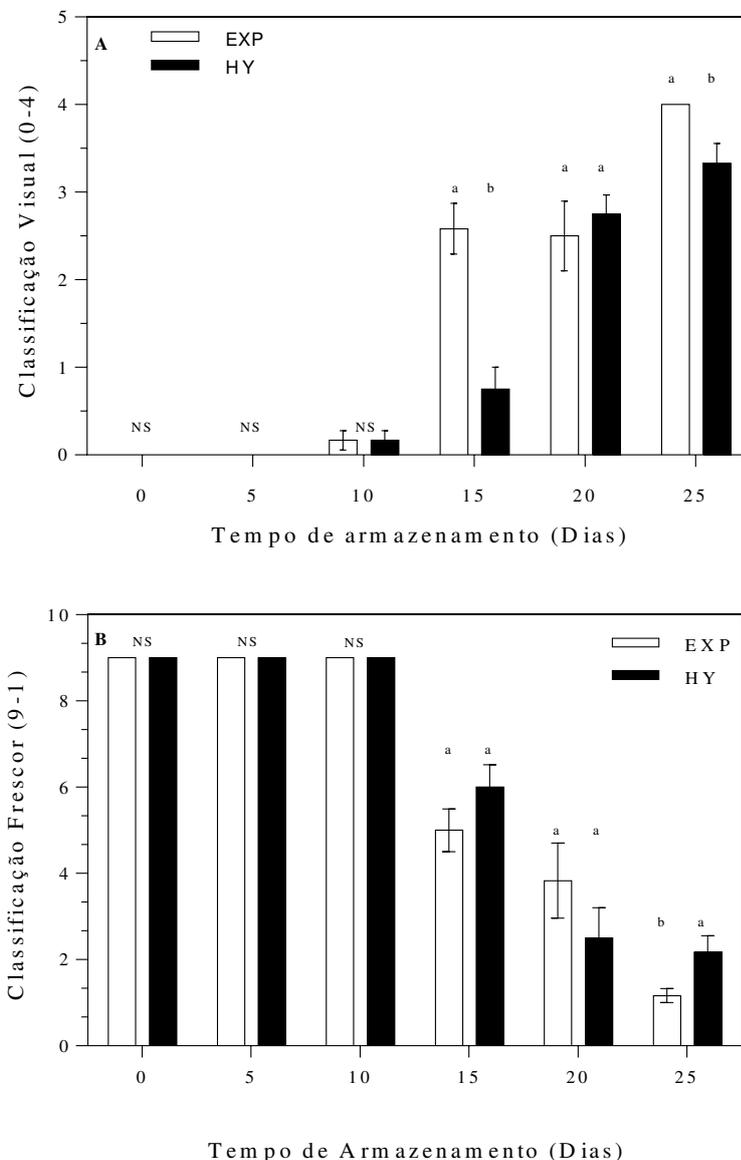


Fig. 5. Avaliação da qualidade subjetiva em pedúnculos de caju. Escala de notas para **Análise Visual (A)**: 0 – Pedúnculo com boa aparência, resistente a choque mecânico, isento de enrugamento, cheiro agradável. 1- Manchas pequenas de mudança de cor. 2 – Descoloração em aproximadamente metade do pedúnculo. 3- Perda de brilho, Mudança total de coloração, Presença de depressão, características de contato com a superfície. 4- Liberação espontânea de suco, Presença de fungos, Cheiro desagradável, Impróprio para consumo. **Frescor (B)**: 9- Excelente: Aparência completamente fresca, alto brilho; 7- Bom: ainda fresca, ainda brilhante. 5-Razoável: aparência não fresca, brilho baixo, limite de comercialização. 3-Ruim: sem brilho, limite da usabilidade. 1-Extremamente ruim: aparência murcha. As barras verticais indicam o erro padrão das médias (n=12). NS = não significativo, letras diferentes representam diferenças significativas entre os tratamentos para o mesmo período avaliado de acordo com o teste de Tukey ($p < 0,05$).

Em sua maturidade fisiológica, o caju CCP 76, apresenta colorações laranja-avermelhado e laranja-amarelo, que ao longo da senescência são degradadas, adquirindo tonalidades pardas. Apenas o efeito do tempo de armazenamento foi significativo ($P < 0.05$), não sendo verificada diferença mínima ($P > 0,05$) entre tratamentos HY e EXP (Tabela 3). Com a diminuição dos valores em a^* , verificou-se a redução da coloração vermelho no epicarpo do fruto, e conseqüentemente o aumento do ângulo da cor (h°). Os valores de L foram uniformes, enquanto que os valores de C^* variaram em um intervalo de 54° e 49° para ambos os lados avaliados, indicando cores vivas, embora os pedúnculos perdessem coloração vermelho ao longo do armazenamento, como também verificado por outros autores para o mesmo fruto (Moura et al., 2001, Moura et al., 2005, Moura et al., 2008, Moura et al., 2010).

Tabela 3. Alterações na cor da epiderme (a^* =intensidade do vermelho; h° =ângulo *Hue*; Chroma=cromaticidade; e L= luminosidade) nos lados ‘vermelho’ e ‘amarelo’ em pedúnculos de caju resfriados em expositor e hidrosfriados, armazenados a 5°C 95%UR por até 25 dias.

Parâmetros	Tempo de Armazenamento	Lado vermelho		Lado amarelo	
		EXP	HY	EXP	HY
a* Vermelho	0	35.54 aA	33.31 aA	17.78 aA	19.05 abA
	5	31.88 abA	27.89 abA	18.06 aA	20.36 aA
	10	28.85 abcA	26.24 abA	15.69 abA	17.13 abcA
	15	22.57 bcdA	26.22 abA	12.49 abA	16.52 abcA
	20	21.67 cdA	22.04 bA	10.94 abA	12.12 bcA
	25	18.13 dA	23.47 bA	08.99 bA	10.97 cA
h° Ângulo <i>Hue</i>	0	45.03 cA	52.46 aA	67.09 bA	68.54 aA
	5	51.17 bcA	54.06 aA	70.11 abA	74.08 aA
	10	53.18 bcA	50.33 aA	66.66 cA	71.75 aA
	15	63.07 abA	58.30 aA	75.97 abA	79.15 aA
	20	60.56 abA	62.05 aA	77.45 abA	76.50 aA
	25	68.50 aA	61.67 aA	80.32 aA	77.75 aA
C* Chroma	0	50.45 abA	54.39 aA	52.18 aA	52.22 aA
	5	53.56 aA	48.50 aA	52.08 aA	52.06 aA
	10	49.64 abA	50.50 aA	51.75 aA	51.43 aA
	15	49.96 abA	50.10 aA	52.62 aA	52.15 aA
	20	44.32 bA	47.99 aA	53.22 aA	51.94 aA
	25	49.39 abA	49.61 aA	53.23 aA	51.63 aA
L* Luminosidade	0	50.39 cB	60.06 aA	66.92 aA	66.27 aA
	5	58.13 abA	55.39 aA	71.23 aA	70.55 aA
	10	58.60 abA	54.38 aA	68.44 aA	66.75 aA
	15	62.18 aA	58.10 aA	69.63 aA	70.10 aA
	20	55.38 bcA	58.08 aA	69.07 aA	65.34 aA
	25	60.57 abA	58.34 aA	68.24 aA	66.26 aA

Valores seguidos de letras diferentes indicam diferença significativa de acordo com o teste de Tukey a $P \leq 0.05$: Letras maiúsculas na linha indicam diferenças entre os tratamentos em cada lado de cor avaliado; letras minúsculas na coluna indicam diferenças ao longo do armazenamento para cada tipo de tratamento.

5.3.3.2. Efeito sobre a Firmeza, caracterização físico-química e Vitamina C

Com o avanço do estágio de senescência, os frutos resfriados em expositor apresentaram perda de firmeza de 26,2%, enquanto nos frutos hidrosfriados a redução ($P > 0,05$) foi de 4,5% (Tabela 4). A mudança na firmeza esta relacionada à resistência da parede celular e à degradação por enzimas (Zhou et al., 2011). O hidrosfriamento associado ao armazenamento refrigerado pode ter suprimido a despolimerização de pectinas, atrasando o amaciamento dos pedúnculos. Chen et al. (2015), por exemplo, verificou que o armazenamento a 5°C em mirtilos, possibilitou a desaceleração da solubilização de pectinas, e a atuação das enzimas poligalactulonase e celulase, resultando em estruturas celulares mais firmes no fruto, quando comparados a mirtilos armazenados a 10°C.

Tabela 4. Mudanças na firmeza, sólidos solúveis, acidez total, relação SS/AT e Vitamina C de pedúnculos de caju submetidos a resfriamento em refrigerador expositor e hidrosfriamento por 25 dias 5°C e 95% UR.

Qualidade	Trat	Tempo de Armazenamento (Dias)					
		0	5	10	15	20	25
Firmeza (N)	EXP	6.1 abA	5.3 abA	6.4 abA	6.7 aA	4.0 bB	4.5 abB
	HY	6.7 aA	5.5 aA	6.3 aA	6.0 aA	6.1 aA	6.4 aA
CV (%) = 17.20							
SS (%)	EXP	9.6 aA	10.9 aA	10.9 aA	11.0 aA	10.9 aA	11.1 aA
	HY	10.2 aA	10.6 aA	11.6 aA	11.5 aA	10.6 aA	11.3 aA
CV (%) = 7.72							
AT (% ácido málico)	EXP	0.30 abA	0.30 abB	0.32 aA	0.29 abB	0.27 bB	0.28 abB
	HY	0.31 aA	0.36 aA	0.34 aA	0.33 aA	0.32 aA	0.33 aA
CV (%) = 4.11							
SS/AT	EXP	57.7 bA	66.1 abB	59.3 bA	72.4 abA	85.4 aA	74.8 abA
	HY	56.4 aA	46.7 aA	60.2 aA	58.1 aB	58.6 aB	58.0 aB
CV (%) = 7.54							
Viamina C (mg de AA.100g ⁻¹)	EXP	243.7 aA	196.9 bA	168.0 bcA	154.0 cA	103.4 dB	36.7 eB
	HY	245.3 aA	205.5 bA	181.7 bcA	157.8 cdA	126.1 dA	77.2 eA
CV (%) = 9.54							

Valores seguidos de letras diferentes indicam diferença significativa de acordo com o teste de Tukey a $P \leq 0.05$: letras maiúsculas na coluna indicam diferenças entre os tratamentos no mesmo período de armazenamento; letras minúsculas na linha indicam diferenças ao longo do armazenamento para cada tratamento.

Os valores de SS pouco variaram ($P > 0,05$) ao logo do armazenamento (Tabela 4). Frutos HY apresentaram maiores concentrações de ácido málico (AT) (Tabela 4). Os teores médios conhecidos em caju são de 9,8° a 14 °Brix e de acidez titulável, entre

0,22 e 0,52% (Filgueiras et al., 1999; Lopes, 2011; Moura, 2013). Reduzir as taxas de perda destas variáveis é um objetivo fundamental para estender o período de comercialização de frutos e hortaliças (Mattheis et al., 1997), assim como da relação SS/AT que é um indicativo do equilíbrio entre a doçura e acidez da fruta, representando a sensação agradável no paladar do consumidor (Dias et al., 2011). Os valores desta razão foram estáveis ($P > 0,05$) ao longo do armazenamento para HY, e menor que em frutos EXP a partir de 15 dias (Tabela 4).

O caju é fonte de vitamina C, com níveis maiores que o morango, manga e abacaxi (Crecente-Campo, et al., 2012; Hong et al., 2013; Khaliq et al., 2015). O teor de ácido ascórbico quantificado no início do armazenamento foi semelhante ao encontrado por Lopes et al., (2011) em pedúnculos CCP 76 em maturidade fisiológica, com $248 \text{ mg}100\text{g}^{-1}$. A Tabela 4 exibe tendência semelhante no declínio das concentrações de vitamina C entre os tratamentos, em que alterações significativas ($P \leq 0,05$) tenham sido verificadas apenas a partir de 20 dias de armazenamento. A redução nos níveis do ácido ascórbico foi de 85 e 70% para EXP e HY, respectivamente (Tabela 4). O atraso nas perdas do ácido ascórbico, pode estar relacionando a concentrações mais elevadas de ácidos orgânicos (Irfan et al., 2013), em que para este estudo pedúnculos apresentaram maior taxa de AT (Tabela 3).

Mesmo com diminuição relevante no teor de vitamina C ao longo do armazenamento, estes níveis ainda foram superiores aos encontrados em cinco genótipos de laranjas ($48,86\text{-}63,66 \text{ mg}100\text{g}^{-1}$) também armazenadas a baixa temperatura (Rapisarda et al., 2008). Para os autores, o efeito do armazenamento refrigerado contribuiu para o aumento da atividade antioxidante de vitamina C e compostos fenólicos.

5.3.3.3. *Efeitos sobre os fenóis aparentes e as enzimas polifenoloxidase e peroxidase*

As variações no teor de fenóis aparentes são apresentadas na Fig. 6. Os teores quantificados neste trabalho ($326 \text{ mg}.100\text{g}^{-1}$), foram superiores ao extraído por Melo et al. (2008), $295 \text{ mg}.100\text{g}^{-1}$. Nos primeiros cinco dias os teores de fenóis aparentes foi significativamente reduzido (49% aproximadamente), com perdas a um nível mais estável até 20 dias, e decréscimo acentuado até o final do armazenamento (Fig. 6). Diferenças entre os tratamentos só foram observadas nos 10 dias de armazenamento. Sheng et al. (2016) verificaram em peras resfriada, que quanto maior o tempo de armazenagem refrigerada, maior foram as perdas de compostos fenólicos.

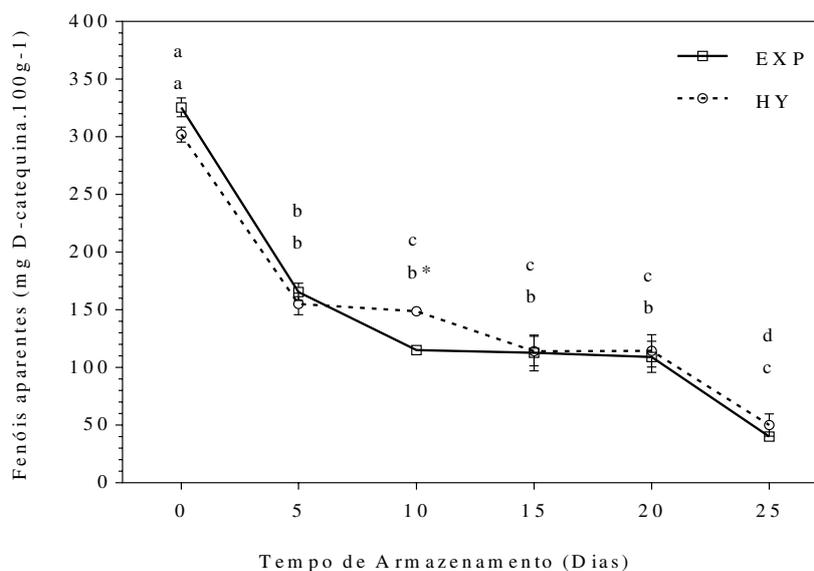


Fig. 6. Variações no teor de Fenóis aparentes de pedúnculos de caju resfriados em refrigerador expositor e hidroresfriados a armazenados a 5°C. Letras diferentes indicam diferenças significativas ao longo do armazenamento no mesmo tratamento e asteriscos as diferenças significativas entre os tratamentos para o mesmo dia de acordo com o teste de Tukey ($P \leq 0,05$). As barras de erro representam os erros padrão das médias (n=4).

Fatores pós-colheita, como processamento e armazenamento prolongado, favorecem a diminuição da atividade antioxidante em tecidos vegetais (Kaur e Kapoor, 2001; Cabia et al., 2011). Com a perda da integridade da membrana e sua descompartimentalização, enzimas PPO agem sobre compostos fenólicos, causando oxidação e polimerização destes compostos (Fonteles et al., 2016; Cheng et al., 2015). Atividades de enzima PPO mostraram uma correlação direta com o teor de fenóis aparentes ao longo do armazenamento (Fig. 6 e 7). Com o aumento na atividade da PPO nos primeiros 5 dias, verificou-se a redução no teor de fenóis aparentes para o mesmo tempo. Com a estabilidade de fenólicos aparentes até o 20 dia, verificou-se a manutenção da atividade da enzima PPO. Em um momento, com a falta de disponibilidade desses compostos a PPO diminuiu gradualmente (Fig. 7). Da mesma forma He et al. (2013) relataram o aumento no consumo de fenóis durante a senescência da cereja, conseqüentemente o aumento da atividade PPO.

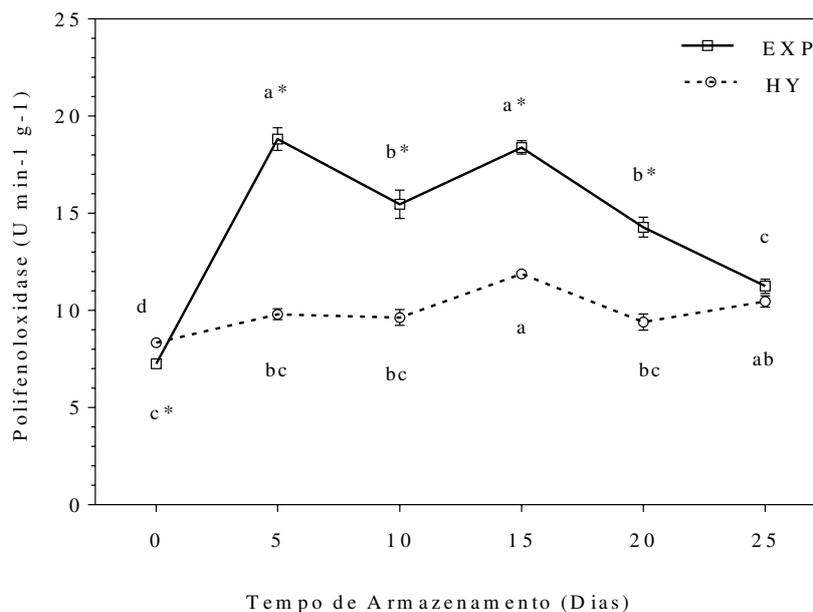


Fig. 7. Atividade da enzima Polifenoloxidase em pedúnculos de caju resfriados em refrigerador expositor e hidrosfriados a armazenados a 5°C. Letras diferentes indicam diferenças significativas ao longo do armazenamento no mesmo tratamento e asteriscos as diferenças significativas entre os tratamentos para o mesmo dia de acordo com o teste de Tukey ($P \leq 0,05$). As barras de erro representam os erros padrão das médias ($n=4$).

Atividades da enzima POD em pedúnculos de caju, apresentou aumento contínuo ao longo do armazenamento a partir do 5 dias (Fig. 8). Em condições de armazenamento a frio, os frutos hidrosfriados apresentaram ($P \leq 0,05$) atividade 41,1% menor que frutos resfriados em expositor. A POD esta comumente associada à resistência a doenças, lesão e reparação de ferimentos (Préstamo e Manzano, 1993). A conservação do ácido ascórbico e compostos fenólicos poderiam ter efeitos endógenos inibidores na atividade da enzima, ou no consumo desses substratos. Verificou-se a correlação da degradação de atividade antioxidante (vitamina C e compostos fenólicos), com a peroxidação da membrana celular e o estágio de senescência do fruto (Tabela 3 e Fig. 6).

Em pedúnculos hidrosfriados a redução nas atividades enzimáticas foi significativamente menor em comparação a frutos resfriados em expositor (Fig. 7 e 8). Também em lichias, o hidrosfriamento reduziu substancialmente a atividade das enzimas oxiredutases, PPO e POD, durante o armazenamento (Liang et al., 2013).

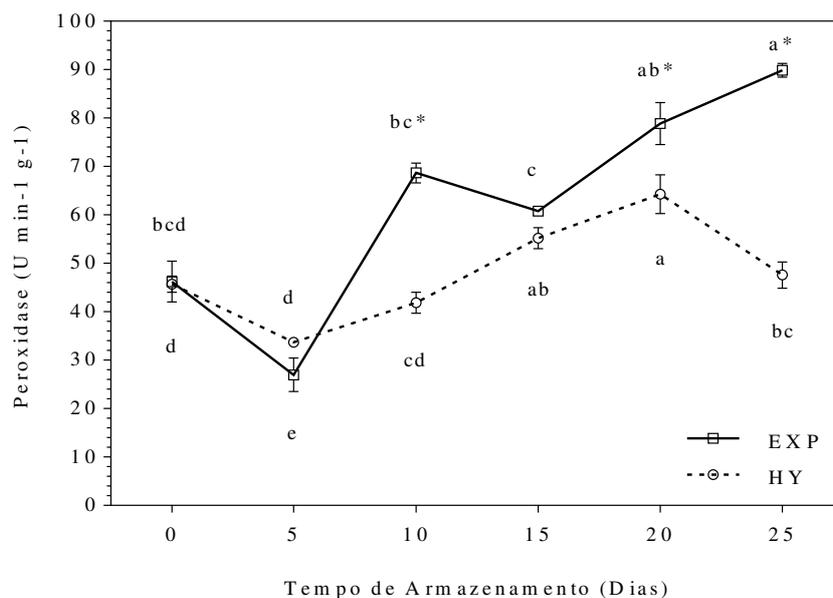


Fig. 8. Atividade da enzima Peroxidase em pedúnculos de caju resfriados em refrigerador expositor e hidroresfriados a armazenados a 5°C. Letras diferentes indicam diferenças significativas ao longo do armazenamento no mesmo tratamento e asteriscos as diferenças significativas entre os tratamentos para o mesmo dia de acordo com o teste de Tukey ($P \leq 0,05$). As barras de erro representam os erros padrão das médias ($n=4$).

5.3.3.4. Avaliações de danos pós-colheita

A incidência de patógenos foi observada a partir de 20 dias para os frutos resfriados em expositor, chegando à ocorrência de 42% ao final do armazenamento, em comparação a frutos hidroresfriados com 17%. Embora a água por si só, possa reduzir a taxa de microrganismos nas superfícies de produtos frescos, a adição de um higienizador (cloro) diminuiu significativamente a sua existência (Sreedharan et al., 2015). Avaliando a sobrevivência de *Salomonella* inoculada na superfície de morangos hidroresfriados (Sreedharan et al., 2015) e *Lactobacillus plantarum* (Tokarskyy et al., 2015), os autores confirmaram a reduzida incidência de microrganismos, mesmo quando em ausência de um higienizador (Sreedharan et al., 2015).

A incidência de danos por frio foi visível a partir de 15 dias de armazenamento em ambos os tratamentos, com o surgimento de pequenas pontuações escuras, mas não superiores a 5% do total de frutos avaliados. Danos mecânicos não foram constatados.

5.4. Conclusões

A partir dos resultados apresentados, o hidrosfriamento poderia ser considerado como uma opção para a manutenção da qualidade pós-colheita de pedúnculos de caju uma vez que os efeitos da redução do tempo de resfriamento refletiram na manutenção da qualidade visual, conservação da firmeza, e menor atividade enzimática nos frutos, considerando a importância do tratamento, na diminuição das perdas quando comparados a frutos resfriados apenas em refrigerador expositor.

Agradecimentos

Os autores agradecem a Alessandra Pagani (Pagani, AAC) por gentilmente fornecer equipamento necessário para realização de análise. E reconhece a Comissão de Aperfeiçoamento de Pessoal do Nível Superior (CAPES) como apoio financeiro.

Referências

- Abreu, F. P. de, Dornier, M., Dionisio, A. P., Carail, M., & Catherine Caris-Veyrat c, d, C. D.-M. b. (2013). Cashew apple (*Anacardium occidentale* L.) extract from by-product of juice processing: A focus on carotenoids. *Food Chemistry*, 138, 25–31.
- Akinwale, T. O. (2000). Cashew apple juice: its use in fortifying the nutritional quality of some tropical fruits. *European Food Research and Technology*, 211(3): 205–207.
- AOAC. Association of Official Analytical Chemists. Official methods of analysis. 14^a ed. Arlington, VA, USA, 1984.
- AOAC. Association of Official Analytical Chemists. Official methods of analysis. 16^o ed. Gaithersburg: Patricia Cunniff (Ed.), 3 rd, v. 2, cap. 37, 1997.
- Baldwin, E. A. *Flavor*. USDA/ARS, Citrus and Subtropical Products Laboratory, Winter Haven, Florida, EUA. Disponível em: <[http://www.ars.usda.gov/pandp/people/people.htm? personid=263](http://www.ars.usda.gov/pandp/people/people.htm?personid=263)>. Acesso em: 08 abril. 2005.
- Brackmann, A.; Weber, A.; Hettwer, G. & Eisermann, A. C. (2009). Pre-cooling on 'Chiripá' peaches quality. *Ciência Rural*, 39 (8): 2354-2360.
- Cabia, N.C., Daiuto, E.R., Vieites, R.L., Fumes, J.G.F., De Carvalho, L.R. 2011. Fenólicos totais, polifenoloxidade e coloração em abacate 'Hass' submetido a radiação UV-C. *Rev. Bras. Frutic.* 33: 314-320.
- Carnelossi, A. M. G., Fernanda, W., Toledo, F., Cecília, D., Souza, L., Lira, M. D. L., ... Viégas, D. A. (2004). Conservação pós-colheita de mangaba (*Hancornia speciosa* Gomes). *Ciência E Agrotecnologia*, 28(5): 1119–1125.
- Carnelossi, M.A.G.; Silva, E.O.; Campos, R.S.; Soares, N.F.F.; Minim, V.P.R.; & Puschmann, R. (2002). Conservação de folhas de couve minimamente processadas. *Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais*, 4 (2): 149-155.
- Carnelossi, M.A.G; Sargent, S.A.; & Berry, A.D. (2014) Hydrocooling, forced air

- colling and hydrocooling plus forced air cooling of two southern highbush blueberry cultivars and effects on fruit quality. IN: CONFERÊNCIA ANUAL ASHS (American Society for Horticultural Science), n° 16964, 2014, Orlando. *Anais eletrônicos...* Flórida, 2014. Disponível em: <<https://ashs.confex.com/ashs/2014/webprogram/Paper16964.html>>. Acesso em: 25 de mar. 2015.
- Carnelossi, M.A.G; Sargent, S.A.; & Berry, A.D. (2013). Influence of Clamshell Position on strawberry Fruit Cooling Rate Using Forced-air Colling. *Florida State Horticultural Society*. Flórida, 126:196-199.
- Chen, H., Cao, S., Fang, X., Mu, H., Yang, H., Wang, X., Xu, Q., & Gao, H. (2015). Changes in fruit firmness, cell wall composition and cell wall degrading enzymes in postharvest blueberries during storage. *Scientia Horticulturae* 188: 44–48.
- Cheng, Y.D., Liu, L.Q., Zhao, G.Q., Shen, C.G., Yan, H.B., Guan, J.F., Yang, K., (2015). The effects of modified atmosphere packaging on core browning and the expression patterns of PPO and PAL genes in ‘Yali’ pears during cold storage. *LTC-Food Sci. Technol.* 60: 1243–1248.
- Chiabrande, V. & Giacalone, G. (2011). Shelf-life extension of highbush blueberry using 1-methylcyclopropene stored under air and controlled atmosphere. *Food Chemistry*. 126 (4):1812-6.
- Choi, J. H., Yim, S. H., Cho, K. S., Kim, M. S., Park, Y. S., Jung, S. K., & Choi, H. S. (2015). Fruit quality and core breakdown of “Wonhwang” pears in relation to harvest date and pre-storage cooling. *Scientia Horticulturae*, 188: 1–5.
- Cortez, L.A.; Honorio, S.; Neves Filho, L.C; et al. (2002). Importância do resfriamento para frutas e hortaliças no Brasil. In: Cortez, L.A.; Honorio, S.; Moretti, C. L (Eds). *Resfriamento de Frutas e Hortaliças*. Embrapa Informação Tecnológica. Brasília, 2002, cap. 1, p.17-34.
- Crecente-Campo, J., Nunes-Damaceno, M., Romero-Rodríguez, M. A., & Vázquez-Odériz, M. L. (2012). Color, anthocyanin pigment, ascorbic acid and total phenolic compound determination in organic versus conventional strawberries (Fragaria x ananassa Duch, cv Selva). *Journal of Food Composition and Analysis*, 28(1): 23–30.
- DeEll, J. R., Vigneault, C., & Lemerre, S. (2000). Water temperature for hydrocooling field cucumbers in relation to chilling injury during storage. *Postharvest Biology and Technology*, 18(1): 27–32.
- Dias, T. C.; Mota, W. F.; Otoni, B. S.; Mizobutsi, G. P.; Santos, M. G. P. (2011) Conservação pós-colheita de mamão formosa com filme de PVC e refrigeração. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 33(2): 666-670.
- Elansari, A. M. (2008). Hydrocooling rates of Barhee dates at the Khalal stage. *Postharvest Biology and Technology*, 48(3): 402–407.
- Esparza, J., Navarro, A., Kendall, P., Fortis, M., Preciado, P., & Meza, J. (2013). Aceptabilidad de lechuga de hoja fresca troceada , tratada con ácido ascórbico mediante hidrogenfriamiento * Acceptability of fresh cut leaf lettuce treated with ascorbic acid applied by hydrocooling Resumen. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 4(5): 767–778.
- Ferreira, D.F. (2014). Sisvar: a guide for its bootstrap procedures in multiple comparisons. *Ciencia E Agrotecnologia*, 38(2): 109–112.
- Ferreira, M.D., Brecht, J.K., Sargent, S.A., & Chandler, C.K. (2006). Hydrocooling as na Alternative to Forced-air Cooling for Maintaining Fresh-market Strawberry Quality. *HortTechnology*, 16(4):659-666.
- Filgueiras, H. A. C.; Alves, R. E.; & Mosca, J. L. (1999) Cashew apple for fresh

- consumption: research on harvest and postharvest technology in Brazil. *Acta Horticulturae*, 485: 55-60, 1999.
- Finger, F. L.; Vieira, G. (2002) *Controle da perda pós-colheita de água em produtos hortícolas*. Viçosa: UFV, 2002. 29 p.
- França, C. F. M., Ribeiro, W. S., Silva, F. C., Costa, L. C., Rêgo, E. R., & Finger, F. L. (2015). Comunicação científica /. *Horticultura Brasileira*, 33: 383–387.
- Fonteles, T.V., Leite, A.K.F., Silva, A.R.A., Carneiro, A.P.G., Miguel, E.C., Cavada, B.S., Fernandes, F.A.N., & Rodrigues, S. (2016). Ultrasound processing to enhance drying of cashew apple bagasse puree: Influence on antioxidant properties and in vitro bioaccessibility of bioactive compounds. *Ultrasonics Sonochemistry*, 31:237-249.
- Gunther, C.S., Marsh, K.B., Winz, R.A., Harker, R.F., White, A., & Goddard, M.R. (2015). The impact of cold storage and ethylene on volatile ester production and aroma perception in 'Hort16A' kiwifruit. *Food Chemistry*. 169:5-12.
- He, S.Y., Zhang, G.C., Yu, Y.Q., Li, R.G., & Yang, Q.R. (2013). Effects of vacuum cooling on the enzymatic antioxidant system of cherry and inhibition of surface-borne pathogens. *International journal of refrigeration*. 36:2387-2394.
- Hong, K., Xu, H., Wang, J., Zhang, L., Hu, H., Jia, Z., ... Gong, D. (2013). Quality changes and internal browning developments of summer pineapple fruit during storage at different temperatures. *Scientia Horticulturae*, 151: 68–74.
- Irfan, P. K., Vanjakshi, V., Prakash, M. N. K., Ravi, R., & Kudachikar, V. B. (2013). Calcium chloride extends the keeping quality of fig fruit (*Ficus carica* L.) during storage and shelf-life. *Postharvest Biology and Technology*, 82:70–75.
- Jacomino, A. P. J., Argent, S. A. S., & B, A. (2011). Potential for Grading , Sanitizing , and Hydrocooling Fresh Strawberries, 221–226.
- Kader, A. A. (2002) *Postharvest technology of horticultural crops*. 3.ed. Oakland : University of California, Agriculture and Natural Resources, 580p.
- Kalbasi-Ashtari, A. (2004). Effects of post-harvest pre-cooling processes and cyclical heat treatment on the physico-chemical properties of "Red Haven Peaches" and "Shahmavch Pears" during cold storage. *Agricultural Engineering International: the CIGR Journal of Scientific Research and Development*, Florida, 6:01-17.
- Kaur, C. & Kapoor, H.C. (2001). Antioxidant activity and total phenolic- the millennium's health. *International Journal of Food Science and Technology*, 36(7):703-725.
- Khaliq, G., Muda Mohamed, M. T., Ali, A., Ding, P., & Ghazali, H. M. (2015). Effect of gum arabic coating combined with calcium chloride on physico-chemical and qualitative properties of mango (*Mangifera indica* L.) fruit during low temperature storage. *Scientia Horticulturae*, 190: 187–194.
- Kitinoja, L.; & Gorny, J.R. (1999). Postharvest technology for small-scale produce marketers: economic opportunities, quality and food safety. Univ. Calif. *Postharvest Hort.* Series No. 21, 386 p, 1999. Disponível em: < <http://ucanr.edu/datastoreFiles/234-1937.pdf>>. Acesso em 01 fev. 2016.
- Kubota, N. (1995). Phenolic content and Lphenylalanine ammonia-lyase activity in peach fruit. In: *Modern methods of plant analysis – Fruits Analysis*. 18:81-94.
- Leitão, R.C., Claudino, R.L., Brito, C.R.F., Alexandre, L.C., Cassales, A.R., Pinto, G.A.S., et al. (2011). Biogas production from cashew bagasse. Brazilian agricultural research corporation. Boletim de pesquisa e desenvolvimento51, (Available in: <http://www.bb.com.br/docs/pub/inst/dwn/Vol4FruticCaju.pdf>).
- Liang, Y. S., Wongmetha, O., Wu, P. S., & Ke, L. S. (2013). Influence of hydrocooling on browning and quality of litchi cultivar Feizixiao during storage. *International*

- Journal of Refrigeration*, 36(3): 1173–1179.
- Lichtenthaler, R.H.K. (1987). Of photosynthetic biomembranes. Methods in enzymology. *Methods in enzymology. Plant cell Membranes*, 148 (22): 350-373.
- Lopes, M. M. de A., de Moura, C. F. H., de Aragão, F. A. S., Cardoso, T. G., & Filho, J. E. (2011). Caracterização física de pedúnculos de clones de cajueiro anão precoce em diferentes estádios de maturação. *Revista Ciencia Agronomica*, 42(4): 914–920.
- Manganaris, G. A., Ilias, I. F., Vasilakakis, M., & Mignani, I. (2007). The effect of hydrocooling on ripening related quality attributes and cell wall physicochemical properties of sweet cherry fruit (*Prunus avium* L.). *International Journal of Refrigeration*, 30(8): 1386–1392.
- Mattheis, J.P., Buchanan, D.A. & Fellman, J.K., (1997). Volatile Constituents of Bing Sweet Cherry Fruit following Controlled Atmosphere Storage. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 45(1):212–216.
- Melo, E. de A., Maciel, M. I. S., Lima, V. L. A. G. de, & Araújo, C. R. de. (2008). Teor de fenólicos totais e capacidade antioxidante de polpas congeladas de frutas. *Alim. Nutr.*, 19(1): 67–72.
- Michodjehoun-Mestres, L., Souquet, J. M., Fulcrand, H., Bouchut, C., Reynes, M., & Brillouet, J. M. (2009). Monomeric phenols of cashew apple (*Anacardium occidentale* L.). *Food Chemistry*, 112(4): 851–857.
- Moura, C.F.H., Alves, R.E.M., Inneco, R., Filgueiras, H.A., Mosca, L.J., & Pinto, S.A.A. (2001). Características físicas de pedúnculos de cajueiro para comercialização *in natura*. *Rev. Bras. Frutic.*, 23(3):537-540.
- Moura C.F.H., Alves, R.E., Silva, E.O., De Araújo, P.G.L., & Maciel, T.V. (2008). Conservação pós-colheita de pedúnculos de clones de cajueiro anão precoce (*Anacardium occidentale* L.) BRS e END 189. *Proc. Interamer. Soc.Trop. Hort.* 52:119-121.
- Moura, Carlos Farley Herbster. (2013) Fisiologia e tecnologia pós-colheita do pedúnculo do cajueiro / Carlos Farley Herbster Moura, Ricardo Elesbão Alves, Ebenézer de Oliveira Silva, Mônica Maria de Almeida Lopes. – 2. ed. rev. ampl. – Fortaleza, CE : Embrapa Agroindústria Tropical, 2013. 31 p. (Documentos / Embrapa Agroindústria Tropical.
- Moura, C.F.H., De Figueiredo, R.W., Alves, R. E., Silva, E. de O., De Araújo, P.G.L., & Maciel, V.T. (2010). Aumento da vida útil pós colheita de pedúnculos de cajueiro anão precoce pela redução da temperatura de armazenamento. *Ciênc. Agrotec.*, 34(1):140-145.
- Moura, C.F.H., Figueiredo, R. W. De, Alves, R. E., & Oliveira, E. De. (2005). Aparência e cor da película de pedúnculos de clones de cajueiro anão precoce para consumo *in natura* armazenados sob diferentes camadas de PVC, *Revista Ciência Agronômica*, 36(3): 371–375.
- Préstamo, G., & Manzano, P. (1993). Peroxidases of Selected Fruits and Vegetables and the Possible Use of Ascorbic Acid as an Antioxidant. *HortScience*, 28(1), 48–50.
- Price, R.L. Holanda, L.F.F.; Moura F., J.A. Maia, G.A. Martins, C.B. (1975). Constituents of brazilian cashew apple juice. *Ciência Agronômica*, 5(1-2): 61- 65.
- Queiroz, C., Lopes, M. L. M., Fialho, E., & Valente-Mesquita, V. L. (2011). Changes in bioactive compounds and antioxidant capacity of fresh-cut cashew apple. *Food Research International*, 44(5): 1459–1462.
- Rapisarda, P., Lo Bianco, M., Pannuzzo, P., Timpanaro, N. 2008. Effect of cold storage on vitamin C, phenolics and antioxidant activity of five orange genotypes [*Citrus sinensis* (L.) Osbeck]. *Postharvest Biology and Technology*. 49: 348–354.

- Ravindra, M.R., & Goswami, T.K., (2008). Comparative performance of precooling methods for the storage of mangoes (*Mangifera Indica* L. cv. Amrapali). *J. Food Process. Eng.* 31:354-371.
- Rawson, A., Patras, A., Tiwari, B. K., Noci, F., Koutchma, T., & Brunton, N. (2011). Effect of thermal and non thermal processing technologies on the bioactive content of exotic fruits and their products: Review of recent advances. *Food Research International*, 44(7): 1875–1887.
- Schweiggert, R. M., Vargas, E., Conrad, J., Hempel, J., Gras, C. C., Ziegler, J. U., ... Carle, R. (2016). Carotenoids, carotenoid esters, and anthocyanins of yellow-, orange-, and red-peeled cashew apples (*Anacardium occidentale* L.). *Food Chemistry*, 200: 274–282.
- Sheng, L., Zhou, X., Liu, Z. , Wang, J., Zhou, Q., Wang, L., Zhang, Q., Ji, S. (2016). Changed activities of enzymes crucial to membrane lipid metabolism accompany pericarp browning in ‘Nanguo’ pears during refrigeration and subsequent shelf life at room temperature. *Postharvest Biology and Technology*. 117: 1–8.
- Sreedharan, A., Tokarsky, O., Sargent, S., & Schneider, K. R. (2015). Survival of *Salmonella* spp. on surface-inoculated forced-air cooled and hydrocooled intact strawberries, and in strawberry puree. *Food Control*, 51: 244–250.
- Simões, A.D.N. et al., (2015). The effects of storage temperature on the quality and phenolic metabolism of whole and minimally processed kale leaves. *Acta Scientiarum. Agronomy*, 37(1): 101–107.
- STATSOFT. *Statistica (data analysis software system), version 7.0*. Disponível em: <www.statsoft.com>. Acesso em: 17 mar. 2010.
- Taiz, L.; Zeiger, E. (2013). *Fisiologia vegetal*. 5.ed. Porto Alegre: Artemed, 954p.
- Teruel, B., Kieckbusch, T., & Cortez, L. (2004). Cooling parameters for fruits and vegetables of different sizes in a hydrocooling system. *Scientia Agricola*, 61(6): 655–658.
- Tokarsky, O., Schneider, K. R., Berry, A., Sargent, S. A., & Sreedharan, A. (2015). Sanitizer applicability in a laboratory model strawberry hydrocooling system. *Postharvest Biology and Technology*, 101: 103–106.
- United States Department of Agriculture/ USDA. Hardenburg, R.E. et al. (1990). *The commercial storage of fruits, vegetables and florists and nursery stocks*. USDA, Agricultural Research Service. Washington: Agricultural Handbook, 1990. 130p.
- Vigneault, C., Goyette, B., Gariépy, Y., Cortbaoui, P., Charles, M. T., & Raghavan, V. G. S. (2007). Effect of ear orientations on hydrocooling performance and quality of sweet corn. *Postharvest Biology and Technology*, 43(3): 351–357.
- Wang, Y., & Long, L. E. (2015). Physiological and biochemical changes relating to postharvest splitting of sweet cherries affected by calcium application in hydrocooling water. *Food Chemistry*, 181: 241–247.
- Zepka, L. Q., Garruti, D. S., Sampaio, K. L., Mercadante, A. Z., & Da Silva, M. A. A. P. (2014). Aroma compounds derived from the thermal degradation of carotenoids in a cashew apple juice model. *Food Research International*, 56: 108–114.
- Zhou, R., Li, Y.F., Yan, L.P., & Xie, J., (2011). Effect of edible coatings on enzymes, cell membrane integrity, and cell-wall constituents in relation to brittleness and firmness of Huanghua pears (*Pyrus pyrifolia* Nakai, cv. Huanghua) during storage. *Food Chemistry*. 124: 569–575.

6. ARTIGO 2: APLICAÇÃO DE CÁLCIO VIA HIDRORESFRIAMENTO E REVESTIMENTO COMESTÍVEL NA CONSERVAÇÃO E QUALIDADE DE PEDÚNCULOS DE CAJU

Periódico a ser submetido: Food Chemistry

RESUMO

Este trabalho teve como objetivo utilizar o hidrosfriamento e revestimento comestível, associados ao cálcio para preservar a qualidade comercial, melhorar a capacidade de armazenamento, e aumentar a vida útil de pedúnculos de caju (*Anacardium occidentale* L.). Caju foram submetidos a quatro tratamentos: hidrosfriamento (HY), hidrosfriamento combinado à aplicação de cloreto de cálcio (HYCa), revestimento comestível a base de amido de milho (RC), e o revestimento comestível enriquecido com cálcio (RCCa). A aplicação de cálcio resultou em frutos mais firmes, menor atividade da pectinametilesterase, polifenoloxidase, e aumento nos teores de sólidos solúveis. O hidrosfriamento foi eficaz na redução da atividade da peroxidase, atraso da perda de massa, maior conservação de vitamina C, cor, carotenóides e antocianinas, e assim, retardando a perda de qualidade visual. O revestimento a base de amido de milho 4% não foi eficiente na manutenção de qualidade de pedúnculos de caju.

Palavras-Chave: *Anacardium occidentale* L., pós-colheita, armazenamento, senescência, cobertura comestível.

ABSTRACT

Application of calcium via hydrocooling and edible coating on the conservation and quality cashew apples

This study aimed to use the hydrocooling and edible coating, associated with calcium to preserve commercial quality, improve storage capacity and extend the shelf life of Cashew apples (*Anacardium occidentale* L.). Cashew were submitted to four treatments: hydrocooling (HY) hydrocooling combined with application of calcium chloride (HYCa), edible coating cornstarch base (RC), and calcium-enriched edible coating (RCCa). Application of calcium resulted with firmer fruits, lower activity of pectin methylestreases, polyphenol oxidase, and increase in soluble solids. The hydrocooling was effective in reducing the peroxidase activity, weight loss delay, greater conservation of vitamin C, color, carotenoids and anthocyanins, thereby slowing the loss of visual quality. Coating the corn starch-based 4% was not effective in maintaining quality of cashew peduncles.

Key-words: *Anacardium occidentale* L., postharvest, storage, senescence, edible coverage.

6.1. Introdução

Caju (*Anacardium occidentale* L.) é um fruto tropical, nativo do Brasil e cultivado nas Índias Orientais e África, sendo que a região Nordeste brasileira, responde pelo maior volume de produção. Nas últimas décadas a cajucultura têm-se difundido para outras regiões com o cajueiro anão, visto que esta variedade produz precocemente com maior produtividade e facilidade de manejo (EMBRAPA, 2001).

O pedúnculo é o pseudofruto, parte consumida in natura, de formato piriforme, peso médio de 120g e cores que variam do amarelo ao vermelho (Lopes et al., 2011). Além da presença habitual de carotenóides (de Abreu et al., 2013), provitamina A (Schweiggert et al., 2016), fibras (Guedes-Oliveira et al., 2016) e fenóis (Michodjehoun-Mestres et al., 2009), o caju é rico em vitamina C (quatro vezes maior que laranja) (Akinwale, 2000).

O pedúnculo é classificado como um fruto não-climatérico, devido a sua baixa produção de etileno (Biale & Young, 1981), embora em temperatura ambiente apresente

altas taxas de respiração após a colheita (Biale & Barcus, 1967). As tecnologias alternativas, como hidroresfriamento, coberturas comestíveis e o uso do cálcio na pós-colheita, são consideradas procedimentos viáveis no controle da intensidade respiratória, manutenção da qualidade e elevar a vida útil de frutos e hortaliças.

A redução da temperatura logo após a colheita e a cadeia do frio é condição fundamental para conservação de frutos e hortaliças (Assis & Britto, 2014). O hidroresfriamento é um método eficiente, em que a produção é exposta a água gelada por pulverização ou imersão, reduzindo a sujeira e carga microbiana do campo; e o tempo de resfriamento é relativamente inferior a outras técnicas (Elansari 2008; Jacomino et al., 2011; Tokarsky et al., 2015).

Os revestimentos têm sido utilizados para prolongar a vida útil de frutos frescos inteiros e minimamente processados, reduzindo a umidade, respiração e trocas gasosas, e proteção contra microrganismos (Bourtoom, 2008; Luvielmo e Lamas, 2012; Rojas-Graü et al., 2008). Entre os materiais utilizados para revestimento, o amido de milho é um importante polissacarídeo e matéria prima industrial produzida em todo o mundo (Lin et al., 2016).

Assim como o cálcio desempenha um importante papel na estrutura da parede celular e integridade da membrana plasmática, influenciando nos estádios de desenvolvimento de frutos (Wang & Long, 2015; Khaliq et al., 2015). O cloreto de cálcio (CaCl_2), aditivo alimentar comum e barato, aprovado por Food and Drug Administration EUA para uso pós-colheita (Saftner et al., 1999).

Com o melhor do conhecimento, não há nenhum relato sobre o efeito do hidroresfriamento, revestimento comestível a base de amido de milho, tampouco dos efeitos combinados a cálcio sobre a qualidade pós-colheita de pedúnculos de caju. Portanto, o objetivo desse trabalho foi avaliar o uso do cálcio associado ao hidroresfriamento e ao revestimento comestível sobre os aspectos fisiológicos, bioquímicos e qualidade de pedúnculos de caju armazenados a frio.

6.2. Materiais e Métodos

6.2.1. Material vegetal e tratamentos

Pedúnculos de caju CCP (Clone Cajueiro Pacajus) 76, foram colhidos na maturidade hortícola (pedúnculo de coloração laranja avermelhado - ângulo Hue $\sim 45^\circ$ - e castanha madura e seca) (Lopes et al., 2011), nas primeiras horas do dia em um pomar

comercial e imediatamente após a colheita, os pedúnculos foram transportados com tempo máximo de 4 horas. Após o transporte foi realizada uma triagem para a uniformidade de tamanho, cor e ausência de danos e os pedúnculos foram divididos em quatro tratamentos (6,0 kg/tratamento). Sendo estes, pedúnculos apenas hidroresfriados (HY), hidroresfriados e imersos em solução com CaCl_2 2% (HYCa), com revestimento comestível (RC) e revestimento comestível enriquecido com CaCl_2 (RCCa). O peso dos pedúnculos variou entre 100 a 120g.

6.2.2. Fontes de amido e químicas

O amido de milho normal foi obtido a partir de fonte comercial alimentícia Maizena Duryea® (Garanhuns, Brasil). Todos os outros químicos usados foram de grau analítico.

6.2.3. Preparação de soluções de imersão

A solução de cloreto de cálcio 2% (p/v), foi preparada por dissolução de 40g CaCl_2 em 2L de água destilada. E homogeneizada com agitador magnético TMA 10CF (THELGA, Brasil) por 20 minutos. A seguir foram adicionados 4 ml de Tween 80 (Polissorbato 80, Sigma Aldrich) à solução.

A solução de amido de milho 4% (v/v), foi preparada por dissolução de 80g de amido de milho em pó em 2L de água destilada, mais 1% (v/v) de plastificante (glicerol), sendo as suspensões aquecidas em micro-ondas (700W) por 10 minutos. Obtendo uma solução de revestimento comestível com aspecto gelatinoso e homogêneo, que foi resfriada até a temperatura de 19°C. Para o tratamento RCCa, a solução CaCl_2 2% foi incorporada à solução de amido de milho 4% e agitada durante 5 min. O pH das soluções de revestimento foi ajustado para 5,6 com 1 mol L⁻¹ NaOH usando um medidor de pH (Khaliq et al., 2015).

6.2.4. Tratamentos e condições de armazenamento

Os pedúnculos dos tratamentos HY e HYCa foram hidroresfriados em água a 5°C contendo 200ppm de Cl^- por 30 min, tempo necessário para que a polpa dos frutos atingissem 7°C ($T_{7/8}$). Atingindo o tempo de hidroresfriamento, HYCa foram transferidos para solução com cloreto de cálcio 2% (5°C) por três minutos (De Figueiredo et al., 2007).

Os pedúnculos dos tratamentos RC e RCCa foram higienizados em água clorada (200 ppm Cl^{-1}) a 10°C por 5 min, e em seguida lavados com água destilada por um minuto, para remoção do cloro residual. Os frutos lavados foram drenados em telas de nylon durante 20 min antes da aplicação dos revestimentos. Os pedúnculos foram então distribuídos aleatoriamente para os dois tratamentos: RC e RCCa, e então recobertos por técnica de imersão, permanecendo por um minuto nas soluções. seguindo para drenagem em um crivo de aço inoxidável, durante 30 minutos a temperatura de $19\pm 1^\circ\text{C}$ e $65\pm 5\%$ UR.

Todos os tratamentos foram acondicionados em bandejas contendo três pedúnculos cada, embalados com filme PVC, e armazenados em refrigerador expositor a 5°C e 95%UR durante 25 dias. As avaliações destrutivas e não destrutivas foram realizadas a cada cinco dias, com três repetições (9 frutos/tratamento/dia), e experiência repetida duas vezes.

6.2.5. Avaliações

Todas as amostras foram pesadas em uma em balança digital METRA (NeoBio, Brasil, 0,05 g de precisão) , no início do armazenamento, e a cada avaliação. A perda de massa fresca foi determinada e expressa como percentagem de perda de massa inicial.

A cor externa do fruto foi medida em ambos os lados com colorímetro CR-400 (Minolta Sensing Inc., Japão) e expressa como ângulo de tonalidade ($^\circ$) de acordo com os parâmetros L x C x h (McGuire, 1992)

A aparência visual foi medida de acordo com (Moura et al., 2005), utilizando a seguinte escala. 0: Pedúnculo com boa aparência, resistente a choque mecânico, Isento de enrugamento, cheiro agradável. 1:Manchas pequenas de mudança de cor. 2: Descoloração em aproximadamente metade do pedúnculo. 3: Perda de brilho, mudança total de coloração, presença de depressão, características de contato com a superfície. 4: Liberação espontânea de suco, presença de fungos, cheiro desagradável, impróprio para consumo. Os resultados foram expressos em grau médio para cada replicação. Os pedúnculos foram considerados apropriados para o consumo até a nota 2. O número de frutos com qualquer incidência de crescimento micelial visível, apodrecimento e danos pós-colheita foi registrada.

As medições de firmeza foram realizadas em lados opostos no pedúnculo (9 frutos / tratamento / análise / dia), utilizando um modelo Texture Analyzer (BrookField, BrasEq) com uma sonda de 3 mm de diâmetro. A velocidade de cruzeta foi 10 cm.min⁻¹. Cada leitura foi realizada por fruto e a força máxima necessária para penetrar 3 mm na polpa foi registrada, os resultados foram expressos em Newtons (N).

O teor de sólidos solúveis (SS) e acidez titulável (AT) foram medidos em conformidade com os padrões da AOAC (1997). Cada três pedúnculos triturados representou uma unidade experimental (repetição). Os SS foram medidos do sumo do caju filtrado usando refratômetro digital HI 96801 (Hanna Instruments, Romênia) e expresso em percentagem. A acidez titulável (AT) foi determinada por titulação em 50 ml de suco, com NaOH 0,1N, e resultados expressos em percentagem de ácido málico (Price et al., 1975). Estes resultados permitiram calcular a relação SS/AT, que serviu de indicativo do gosto dos frutos, conforme o proposto por Baldwin (2002).

As amostras de carotenóides totais foram extraídas em acetona (80%) e determinada ao comprimento de onda de absorção máxima (Lichtenthaler, 1987). As concentrações de pigmentos foram expressas em microgramas por grama de massa fresca da amostra.

A determinação de antocianinas totais foram conduzidos de acordo com (Nunes et al., 2006), alíquotas (2g) do tecido do pedúnculo foi homogeneizado a 18 mL de HCl 0,5% em metanol (v/v). Os pigmentos de antocianinas foram extraídos das amostras armazenadas a 8°C durante 1 hora no escuro. As amostras foram filtradas em gaze para remover o floculado. A absorbância da solução foi medida a 520 nm em espectrofotômetro UV-2601 (RayLeigh, China), e os resultados expressos em mg.100g de massa fresca.

Para extração e análise de vitamina C, o procedimento utilizado foi descrito por Carnelossi et al. (2002) com base no método da AOAC, 43.064 (1984), pelo princípio da redução do diclorofenol-2,6-indofenol pelo ácido ascórbico. O teor de vitamina C foi expresso em mg.100g⁻¹.

O teor de fenóis aparentes do extrato aquoso dos frutos foi determinado segundo metodologia descrita por Kubota (1995), utilizando o reagente Folin-Ciocalteu (Sigma) e curva padrão de D-catequina. Os resultados foram expressos em µg D-catequina.g⁻¹ do extrato aquoso.

A atividade da enzima pectinametilesterase (PME; EC: 3.1.1.11) foi determinada de acordo com a metodologia de JEN e ROBINSON (1984), e expressa em unidade de atividade enzimática por min (UAE min⁻¹).

A extração enzimática para a polifenoloxidase (PPO; EC: 1.10.3.1) e peroxidase (POD, EC: 1.11.1.7) foi realizada pelo método proposto por Simões et al. (2015), com modificações. Foram obtidas homogeneizando 1 g do material vegetal em 6 ml de tampão fosfato (0,2 M pH 6,0) contendo 1% (v/v) de polivinilpirrolidona (PVP). A mistura foi centrifugada 5804R (Eppendorf Centrifuge, Alemanha) a 10.000 g durante 21 min a 4°C. O sobrenadante foi a fonte de enzima.

A atividade da PPO foi monitorada a 420nm em espectrofotômetro, utilizando catecol como substrato exógeno. A mistura da reação continha 500 µL de extrato enzimático e 500 µL de catecol (0,2M) em 500 µg de tampão fosfato (pH 6,5). A amostra branco continha 1,5 mL de solução de substrato. Uma unidade de atividade enzimática (1 UAE) foi definida como a quantidade de enzima que provoca uma alteração da absorvância 0,001 por minuto. O mesmo extrato de enzima foi utilizado para determinar a atividade POD. A atividade da POD foi medida como se segue: 500 µL de tampão fosfato de sódio (0,2 M, pH 6,0), 100 µL do extrato enzimático, 200 µL de guaiacol (0,5%) e 200 µL de peróxido de hidrogênio a 0,08% (v/v). Uma UAE foi definida como a quantidade de enzima que provoca a alteração da absorvância de 0,001 (470 nm) por minuto.

6.2.6. *Análise estatística*

A pesquisa foi conduzida em delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial com quatro tratamentos e seis tempos de armazenamento. Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) com comparação de medias por teste Tukey ($P \leq 0,05$) utilizando o software SISVAR 5.6 (Ferreira, 2014). Todos os dados são apresentados como médias \pm erro padrão. Todos os pressupostos da análise de variância foram verificados para garantir a validade da análise estatística.

6.3. Resultados e Discussões

6.3.1. *Firmeza e a atividade da Pectinametilesterase (PME)*

Verificou-se a diminuição da textura em pedúnculos de caju aos 20 dias de armazenamento, com gradual aumento ($p < 0,05$) ao final do armazenamento (Fig. 1).

Esses resultados sugerem que a maior percentagem de perda de água dos frutos (Fig. 6) entre o intervalo de 20 e 25 dias, possa ter ocasionado o aumento da tenacidade do epicarpo, conseqüentemente aumentando a resistência mecânica da epiderme, sendo capaz de influenciar a firmeza global nos frutos (Jackman e Stanley, 1992; Paniagua et al., 2014). A perda da qualidade textural em frutos ocorre devido a mudanças na composição da parede celular (Chen et al., 2015). O cálcio é conhecido por preservar essa estrutura da célula (Khaliq et al., 2015; Aghdam et al., 2012) ao estabilizar a membrana da célula, tornando-a mais rígida, e reduzindo a perda de água do tecido (Picchioni et al., 1998).

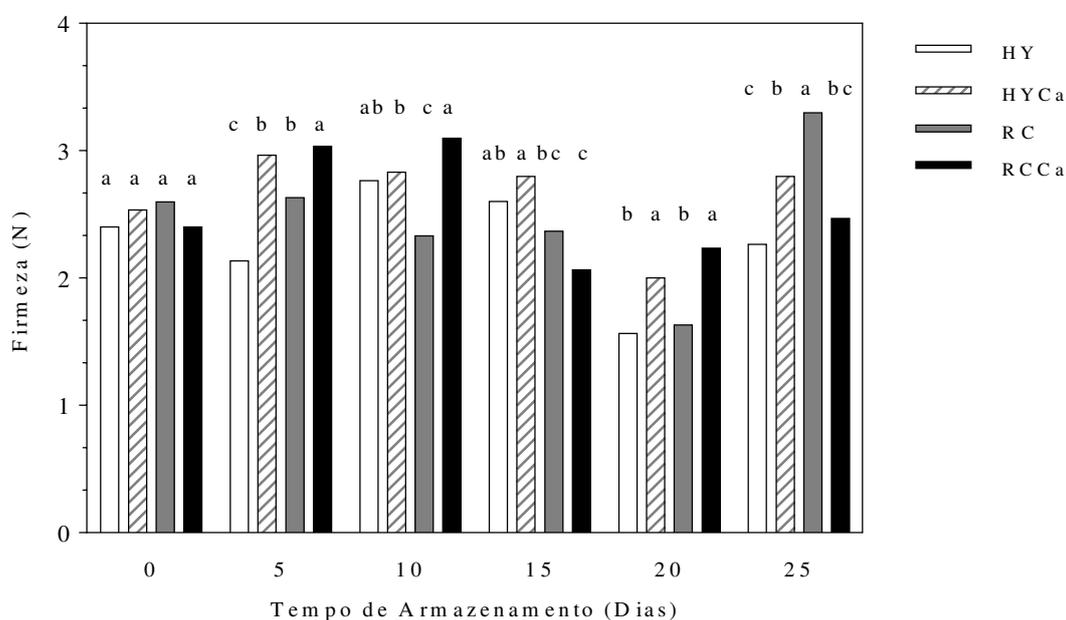


Fig. 1. Efeito dos tratamentos sobre a firmeza de pedúnculos de caju durante o armazenamento a 5° C por 25 dias. Letras diferentes significam valores significativamente diferentes ($P \leq 0,05$) entre os tratamentos para o mesmo dia.

A combinação de cálcio aos tratamentos (HYCa e RCCa) evitou a redução da firmeza dos frutos durante o tempo de armazenamento ($p < 0.05$). Resultado semelhante foi verificado em magas revestidas com goma arábica e cloreto de cálcio (Khaliq et al., 2015) e em cerejas hidrosfriadas em água contendo cálcio (Wang et al., 2014). O aumento da firmeza apenas com o uso de sais de cálcio foi verificado em pêssegos (Manganaris et al., 2007), maçã (Ortiz et al., 2011) e mamão (Madani et al., 2014). A interação de cálcio com ácidos pécnicos presentes na lamela média formam complexos de pectatos de cálcio, influenciando na redução da atividade de enzimas degradantes a nível de parede celular, como a pectinametilesterase (Khaliq et al., 2015).

A atividade da PME aumentou após o armazenamento refrigerado, atingindo um pico de atividade em 10 dias, com um aumento de 33, 25, 46 e 29%, para HY, HYCA, RC, RCCA, respectivamente, e menor atividade para os frutos tratados com cálcio (Fig. 2). A elevada atividade de PME pode resultar em um maior grau de desesterificação em cadeias de ácido galacturónico, e quando estas acopladas a íons de cálcio, provavelmente conduziriam a matrizes mais geleificadas, evitando a degradação e auxiliando na preservação da integridade da parede celular (Kirtil et al., 2014).

Diferenças significativas entre os tratamentos só foram verificadas nos tempos 10 e 15d, período em que HYCa, apresentou a menor atividade (Fig. 2). Experimentos conduzidos em morangos e maçãs expressaram resultados similares quando tratados com cálcio (Figuroa et al., 2012; Ortiz et al., 2011).

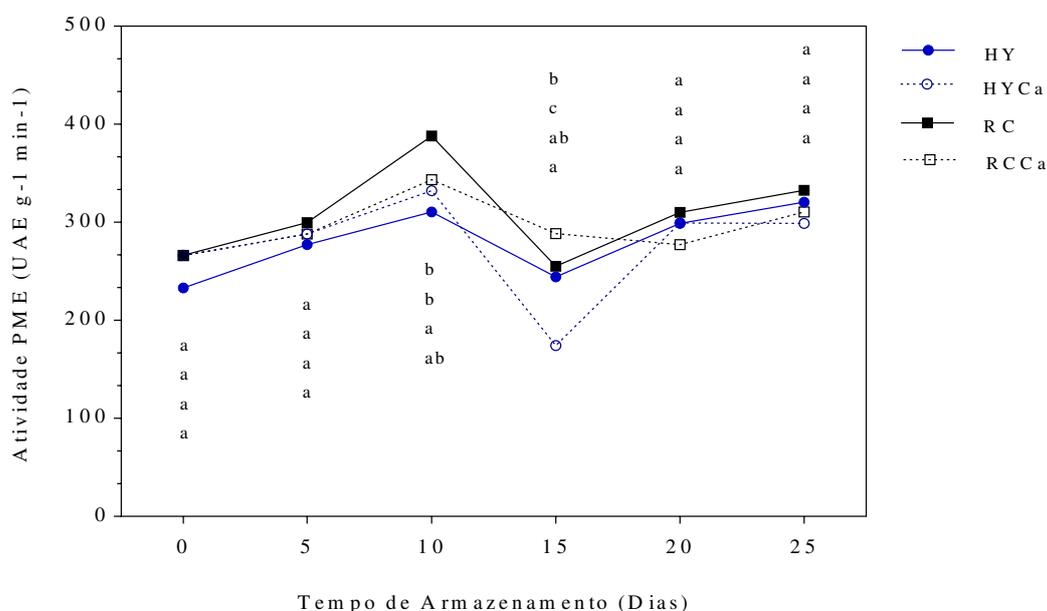


FIG. 2. Efeito dos tratamentos sobre a atividade da enzima pectinametilestrease (PME) em pedúnculos de caju durante o armazenamento a 5° C por 25 dias. Diferentes letras adjacentes a cada dado indicam diferenças significativas para cada dia como determinado por DMS de Tukey ($P \leq 0,05$).

A menor atividade da PME foi verificada em pedúnculos mais firmes (Fig. 2), sugerindo que a ação dessa enzima está diretamente relacionada ao amolecimento dos frutos, uma vez que, a redução nos teores de cálcio e a perda da integridade da parede celular, contribuem para a reduzir a resistência a PME (Figuroa et al., 2012).

6.3.2. Fenóis aparentes e atividade enzimática PPO e POD

O teor de fenóis aparentes diminuiu significativamente por 15 dias de armazenagem, com reduções de 37% para os frutos hidroresfriados, 29 e 22% para RC e RCCa, respectivamente, em seguida aumentou, atingindo o pico no dia 20 (Fig. 3). Os frutos HYCa, permaneceram em nível mais elevado do que nos demais tratamentos durante o restante do período de armazenamento a frio (Fig. 3).

O armazenamento refrigerado em longo prazo pode ter ativado o metabolismo secundário das células, que é uma das rotas formadoras de compostos fenólicos (Ding et al., 2001). O mesmo padrão foi observado em nêsperas com o uso de tratamento térmico durante o armazenamento (Edagi et al., 2009), diminuições nos teores de fenóis foram observadas em peras (Li et al., 2013; Sheng et al., 2016) ou permaneceram constantes, em Pitaya (García-Cruz et al., 2016).

Um dos principais motivos para o rápido declínio no teor de compostos fenólicos é a sua oxidação por polifenoloxidase e peroxidase durante o armazenamento.

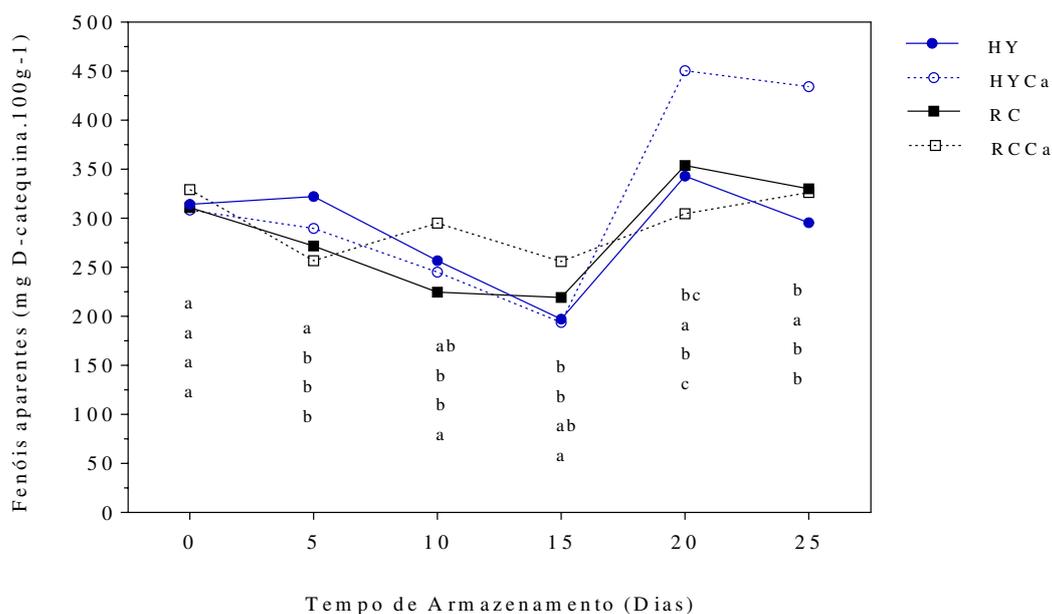


Fig. 3. Efeito dos tratamentos sobre o teor de fenóis aparentes em pedúnculos de caju durante o armazenamento a 5° C por 25 dias. Letras diferentes significam valores significativamente diferentes para cada dia ($P \leq 0,05$).

É importante avaliar a localização subcelular dos compostos para compreender os mecanismos bioquímicos (Toivonen & Brummell, 2008). Os compostos fenólicos estão localizados nos vacúolos, com a ruptura da sua membrana, estes tornam-se

disponíveis para as enzimas POD, presentes no citoplasma celular, enquanto enzimas PPO estão localizadas em mitocôndrias e tilacoides (Taiz & Zeiger, 2013; Lin et al., 2016). A ativação da PPO ocorre apenas quando esses compartimentos são rompidos (Queiroz et al., 2011).

A atividade da peroxidase aumentou continuamente durante o armazenamento, e queda no fim deste período (Fig. 4). Até 5 dias, não foram verificadas diferença estatística entre os tratamentos, e quando registrada, a menor atividade enzimática foi para os frutos hidrosfriados, independente da adição de cálcio. Efeito semelhante foi verificado em lichias, enquanto o hidrosfriamento diminuiu substancialmente atividade de enzimas oxiredutases (Liang et al., 2013).

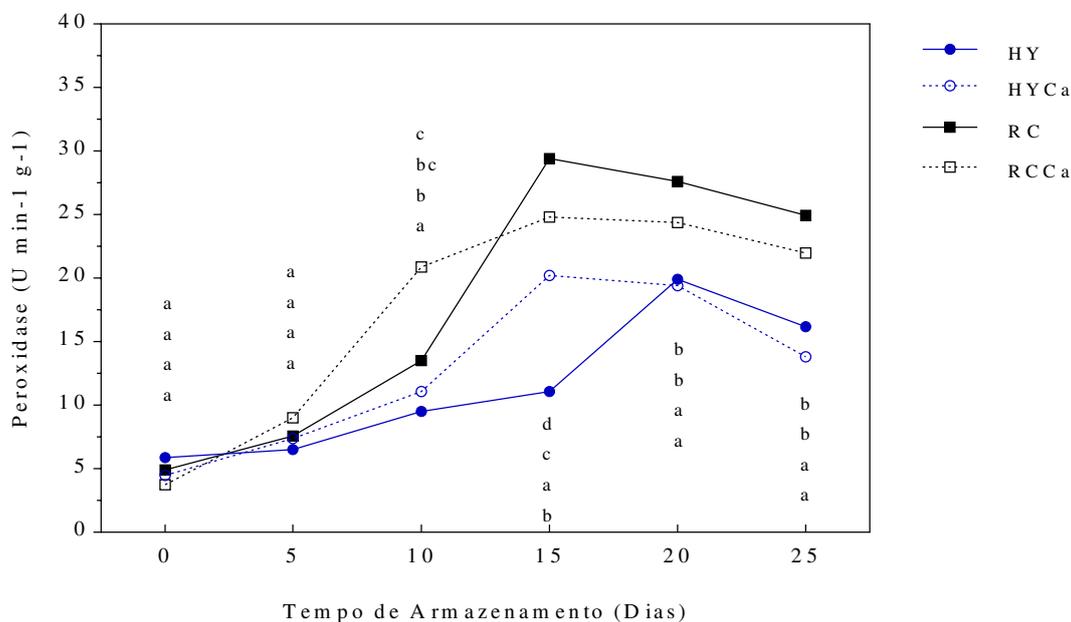


Fig. 4. Efeito dos tratamentos sobre a atividade da enzima peroxidase (POD) em pedúnculos de caju durante o armazenamento a 5° C por 25 dias. Diferentes letras adjacentes a cada dado indicam diferenças significativas determinadas por DMS de Tukey ($P \leq 0,05$).

O pico da atividade enzimática ocorreu no 15° dia, com exceção do HY, neste período o teor de fenólicos aparentes quantificados foram os mais baixos (Fig. 4). De forma geral a enzima POD é comumente associada à resistência a doenças, lesão e reparação de ferimentos (Préstamo & Manzano, 1993). Estas observações sugerem que nesse período, os pedúnculos já apresentam avançado estágio de desenvolvimento.

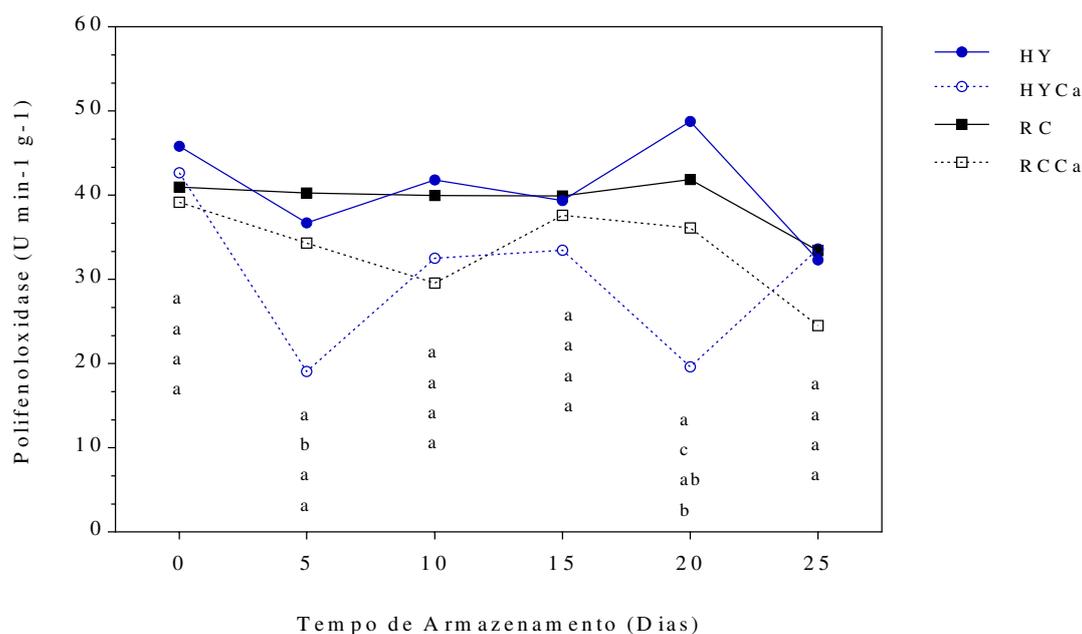


Fig. 5. Efeito dos tratamentos sobre a atividade da enzima Polifenoloxidase (PPO) em pedúnculos de caju durante o armazenamento a 5° C por 25 dias. Diferentes letras minúsculas adjacentes a cada dado indicam diferenças significativas determinadas por DMS de Tukey ($P \leq 0,05$).

A ativação da enzima PPO permaneceu estável ao longo do armazenamento (Fig. 5). Com uma única exceção do HYCa, para os quais foi observada menor atividade ($p < 0,05$) nos tempos 5 e 20d, em relação aos demais tratamentos. No geral, os pedúnculos tratados com cálcio apresentaram, durante todo o período experimental, menor atividade da enzima que os frutos não tratados. Uma vez que as ligações de cálcio podem reduzir a acessibilidade de enzimas degradantes e assim retardar a descompartimentalização celular (Madani et al., 2014).

6.3.3. Atributos de qualidade

A redução de massa fresca em pedúnculos de caju foi observadas em todos os tratamentos ao longo do armazenamento (Fig. 6). Diferenças significativas entre tratamentos foram verificadas a partir de 15 dias de armazenamento, com maiores perdas registradas para os pedúnculos revestidos (2,7 a 2,9%), perdas semelhantes foram relatadas por Almeida et al. (2011) (2,6%), em pedúnculos sem qualquer pré-tratamento e refrigerados a 10°C (Fig. 6). A perda de massa é o resultado da migração da água do tecido vegetal para o ambiente, por transpiração, o que provoca a perda de turgescência, e conseqüentemente afeta a qualidade comercial de produtos frescos (Caleb et al., 2013).

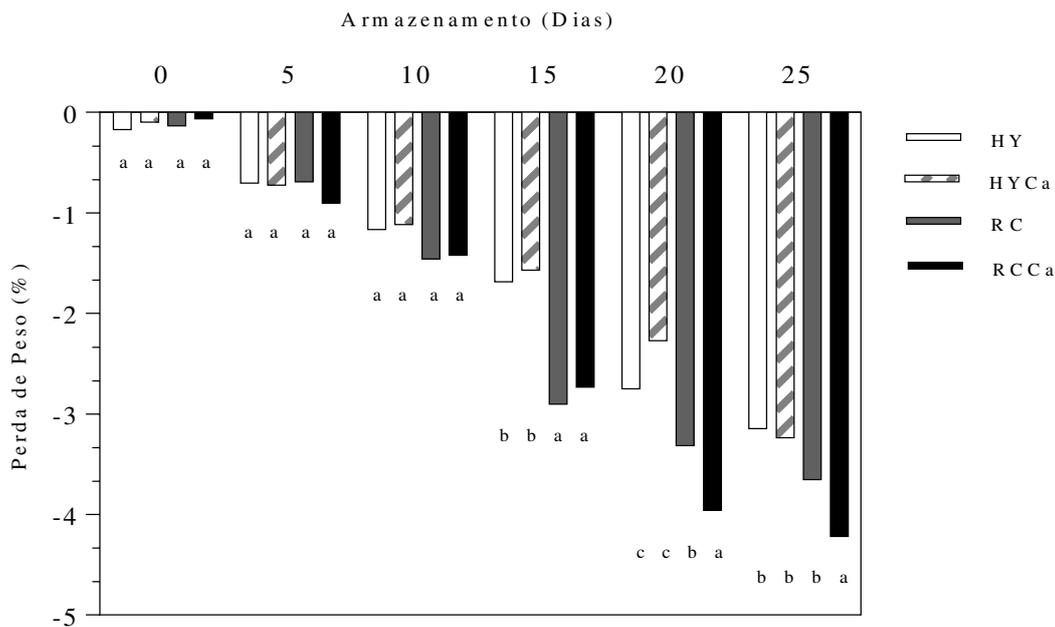


Fig. 6. Efeito de diferentes tratamentos sobre a perda de peso de pedúnculos de caju durante o armazenamento a 5° C por 25 dias. As barras verticais indicam o erro padrão das médias (n=3). Diferentes letras adjacentes a cada dado indicam diferenças significativas entre os tratamentos para cada dia, determinado por DMS de Tukey ($P \leq 0,05$).

Ao final do armazenamento, a perda de massa em frutos revestidos, RC (3,7%) e RCCa (4,2%), foi maior que em pedúnculos hidroresfriados, HY (3,1%) e HYCa (3,2%) (Fig. 6). Estes maiores valores corresponderam a perdas diárias de 0,06g em cada fruto revestido (1,38g/fruto/25 d). Neste sentido, o uso de cobertura comestível de amido de milho, não foi eficiente em minimizar a perda de massa fresca em pedúnculos de caju.

As aplicações de coberturas comestíveis contendo lipídios poderiam ser mais eficientes enquanto propriedade de barreira, o que se deve, ao caráter hidrofóbico de lipídios (Galus e Kadzińska, 2015). Para Weber et al. (2009) o amido de milho ceroso apresenta maior estabilidade a baixas temperaturas que o amido normal, em consequência da sinérese e do fenômeno de retrogradação deste último. Para este trabalho, se atribuiu o êxito na redução das perdas à técnica de resfriamento rápido utilizada, uma vez que não se verificou diferença ($p < 0,05$) entre HY e HYCa. Apesar disso, se reconhece a ação de sais de cálcio no aumento da resistência da parede celular e supostamente a redução a difusão dos gases, como verificado em uvas (Fakhouri et al., 2015) e figos (Irfan et al., 2013).

Com a avaliação da qualidade de pedúnculos de caju (Fig. 7), observou-se que os pedúnculos mantiveram alta qualidade visual por até 10 dias, diminuindo

continuamente até o fim do armazenamento. O hidrofresamento, independente da adição de CaCl_2 , retardou ($p < 0,05$) a perda qualidade visual de pedúnculos de caju ao longo do armazenamento (Fig. 7) mantendo por até 20 dias aparência aceitável. Para o mesmo período de avaliação, RC e RCCa, mesmo apresentando brilho adicional, registraram notas 2,7 e 2,5, respectivamente, com características de descoloração e presença de depressão. Como também, foi comum rachaduras na película de cobertura, e características não uniformes, resultando em aparência indesejável dos frutos revestidos. Em contraste, a utilização de revestimentos a base de gelatina e amido de milho, mantiveram a qualidade e prolongaram a vida de prateleira de uvas (Fakhouri et al., 2015), e retardaram o amadurecimento em mangas quando tratadas com goma arábica enriquecida com CaCl_2 (Khaliq et al., 2015).

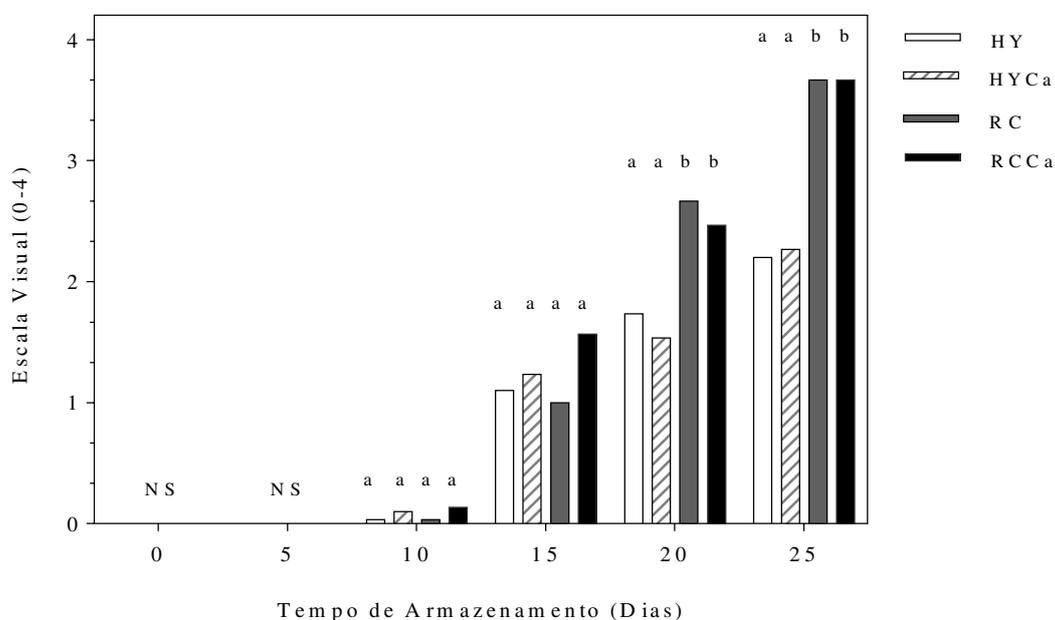


Fig. 7. Avaliação da qualidade de pedúnculos de caju. Escala de notas: 0 – Pedúnculo com boa aparência, resistente a choque mecânico, Isento de enrugamento, cheiro agradável. 1- Manchas pequenas de mudança de cor. 2 – Descoloração em aproximadamente metade do pedúnculo. 3- Perda de brilho, Mudança total de coloração, Presença de depressão, características de contato com a superfície. 4- Liberação espontânea de suco, Presença de fungos, Cheiro desagradável, Impróprio para consumo. NS = não significativo, letras diferentes representam diferenças significativas entre os tratamentos para o mesmo período avaliado de acordo com o teste de Tukey ($p < 0,05$).

A **cor** do fruto é um importante indicador de maturação, e é utilizada por consumidores como parâmetro de frescor e qualidade. Com o tempo de armazenamento registrou-se o aumento ($p < 0,05$) do ângulo Hue ($^{\circ}$) com menores taxas de crescimento para os pedúnculos HY (12°), seguido de HYCa (13°), enquanto que pedúnculos

revestidos, RC (20°) e RCCa (26°), apresentaram valores mais próximos ao ângulo de cor amarelo (Fig. 8A). E em contraste, a diminuição nos valores de Chorma, confirmando que pedúnculos de caju tornam-se menos vermelhos ao longo do armazenamento (Fig. 8C e D).

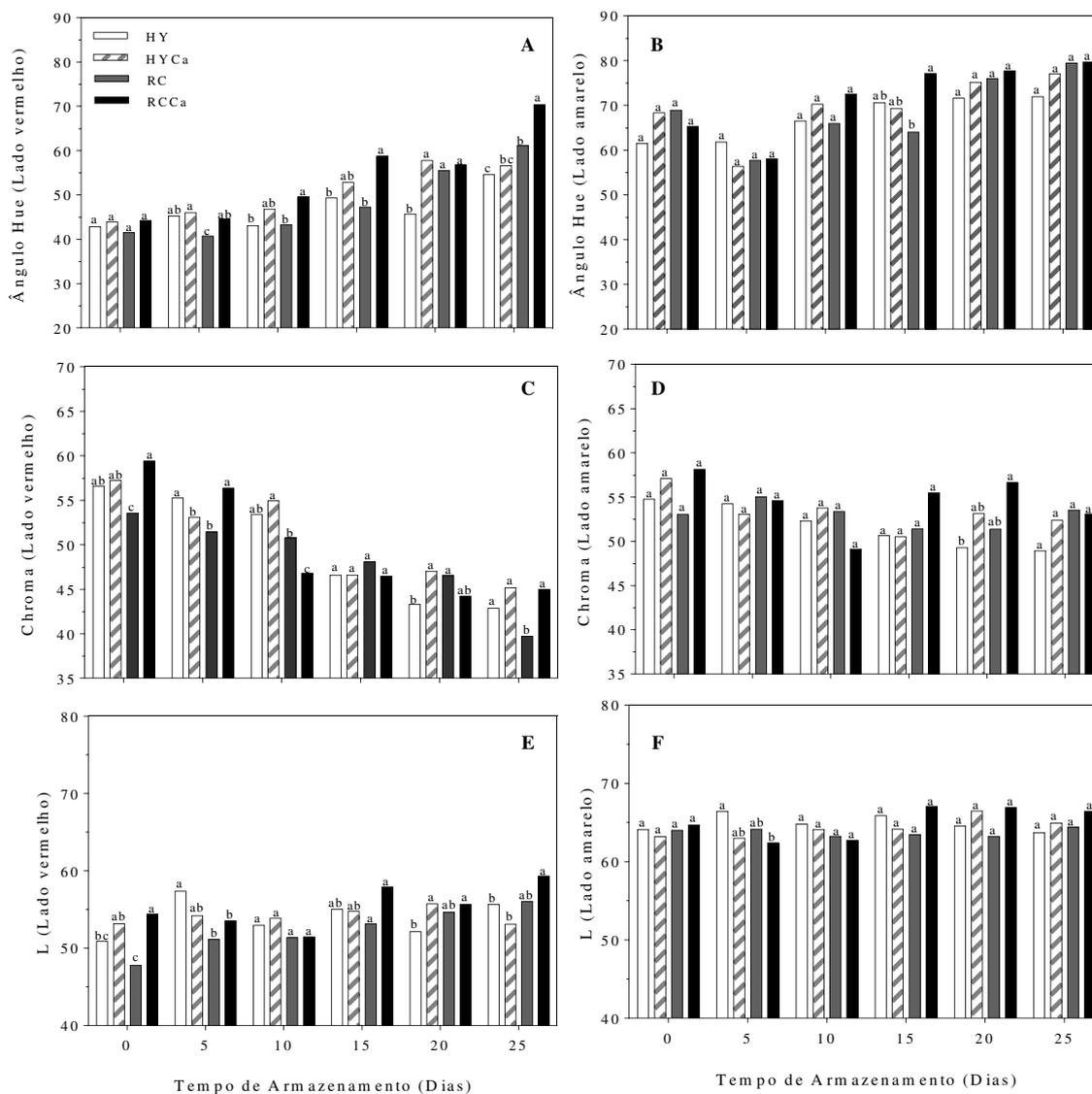


Fig. 8. Efeito dos tratamentos sobre parâmetros de cor medidos em duas regiões: vermelha (A,C,E) e amarela (B,D,F) de pedúnculos de caju ao longo de armazenamento refrigerado por 25 dias. Diferentes letras adjacentes a cada dado indicam diferenças significativas determinadas por DMS de Tukey ($P \leq 0,05$) para o mesmo tempo de armazenamento.

Não foi verificada alteração relevante quanto à luminosidade (L^*), em frutos submetidos a diferentes tratamentos (Fig. 8E e F). Estas observações sugerem que a aplicação do hidrosfriamento retardou a perda de coloração vermelha quando comparados a outros tratamentos (Fig. 8), efeito similar verificado por Jacomino et al.,

(2011) em morangos. No entanto, a coloração do fruto é, em última análise, o resultado do balanço entre os teores antocianinas e carotenóides.

Os teores de antocianinas totais em pedúnculos de caju diminuíram significativamente ($p < 0.05$) com o tempo de armazenamento (Fig. 9). A redução média em relação à polpa, no HY, HYCa, RC, RCCa foram 29, 19, 31 e 46% respectivamente. Conservação similar foi verificada por Liang et al. (2013), em que lichias hidroresfriadas apresentaram menor perda de antocianinas que frutos controle, tendo ambos os tratamentos apresentado tendência decrescente. As antocianinas são pigmentos instáveis, e como a maioria dos pigmentos naturais, pode facilmente ser degradada durante o processamento ou armazenamento do produto (Aquino et al., 2011). Neste trabalho, alterações no teor de antocianinas totais estão correlacionadas positivamente ao ângulo da cor (Fig. 8A). Redução nos teores de antocianinas totais durante o armazenamento também foi relatada para outras cultivares de caju (Morais et al., 2002) e outros frutos (Liang et al., 2013, Carnelossi et al., 2014).

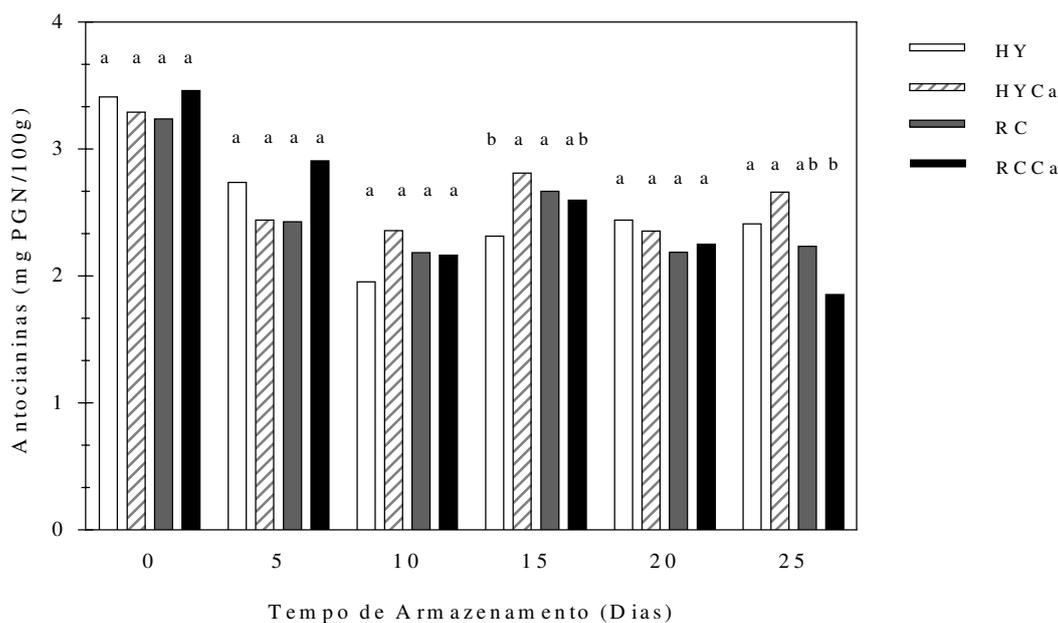


Fig. 9. Efeito dos tratamentos sobre o teor de antocianinas totais em pedúnculos de caju durante o armazenamento a 5° C por 25 dias. Diferentes letras adjacentes a cada dado indicam diferenças significativas determinadas por DMS de Tukey ($P \leq 0,05$).

As variações nos teores de carotenóides totais durante o armazenamento refrigerado estão apresentadas na Fig. 10. De forma geral, com um aumento nos teores de carotenoides totais nos primeiros cinco dias de armazenamento. Essas alterações pode ser resposta à adaptação dos pedúnculos às condições de armazenamento a 5°C,

sugerindo uma interrupção metabólica nos frutos, durante o processo que se evidencia estabilidade em fontes antioxidantes (Fig. 11). A partir de 5 dias, o teor de carotenoides totais diminuiu progressivamente para todos os tratamentos. Tendo redução média do HY, HYCa, RC, RCCa de 4, 6, 23 e 19%, respectivamente, ao final do armazenamento (Fig. 10). Para esse estudo, o atraso na perda de carotenóides totais em pedúnculos de caju, parece estar diretamente relacionada com o rápido resfriamento dos frutos na etapa de processamento. Os carotenóides desempenham um papel protetor contra a ação de radicais livres e retardam a senescência de vegetais. Estudos têm relacionado o conteúdo de antioxidantes, ao estágio de senescência de frutos (Jing et al., 2015; Mellado-Ortega e Hornero-Méndez, 2015; Tavarini et al., 2008).

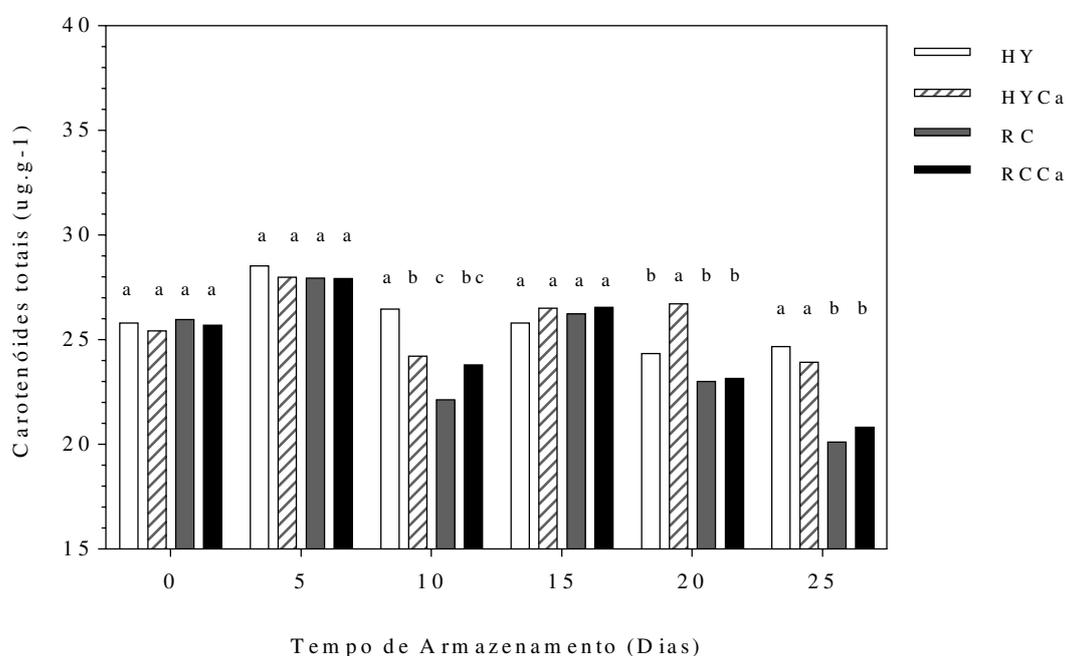


Fig. 10. Efeito dos tratamentos sobre o teor de carotenóides totais em pedúnculos de caju durante o armazenamento a 5° C por 25 dias. Diferentes letras adjacentes a cada dado indicam diferenças significativas determinadas por DMS de Tukey ($P \leq 0,05$).

A conservação nos terrores de ácido ascórbico foi verificada por até 10 dias, com perdas significativas entre 138,7 e 191,3 mg de AA.100g-1 de massa fresca em 25 dias de armazenamento (Fig. 11). As menores perdas foram verificadas em frutos hidroresfriados, HY (69%) e HYCa (66%), em comparação a RC e RCCa (74 e 78%, respectivamente). É possível que o hidroresfriamento tenha reduzido à difusão do oxigênio, atenuando o processo de senescência em pedúnculos de caju. Efeito que tem como consequência à diminuição do estresse oxidativo, a redução na taxa de respiração,

e conseqüentemente o atraso na maturação e senescência de frutos (Wang et al., 2014). Não foi observado efeito do cálcio sobre os teores de vitamina C, como também não observado por De Figueiredo et al. (2007) em cajus.

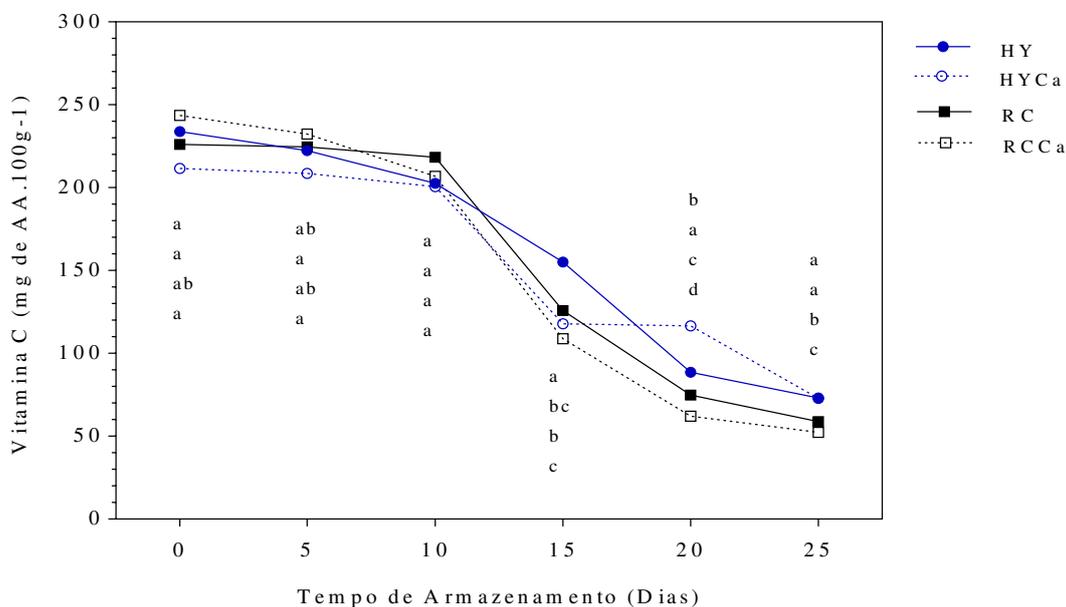


Fig. 11. Efeito dos tratamentos sobre o teor de Vitamina C em pedúnculos de caju durante o armazenamento a 5° C por 25 dias. Diferentes letras adjacentes a cada dado indicam diferenças significativas determinadas por DMS de Tukey ($P \leq 0,05$).

O teor de sólidos solúveis (SS) foi de 10,7°Brix na colheita, com variações ($p < 0,05$) crescentes ao longo do armazenamento (Tabela 1). Nos tratamentos HY e RC, o aumento no teor de SS foi de 2,7% para ambos os tratamentos, e quando combinados com cálcio, o HYCa e RCCa apresentaram um aumento ($p < 0,05$) de 7,9 e 9,2%, respectivamente. A AT diminuiu continuamente ao longo do armazenamento (Tabela 1), em 20d apresentavam 0,25% (HYCa e RCCa) e 0,21% (HY e RC), respectivamente. Morangos tratados com CaCl_2 apresentaram altos teores de SS e AT em comparação a frutos controle (Figueroa et al., 2012). Padrão semelhante foi verificado por Wang et al. (2014) em que o uso de cálcio na água de resfriamento de cerejas, retardou a perda da AT. Em contraste, pedúnculos de caju apenas tratados com cálcio, os teores de AT diminuíram em função do tempo de armazenamento, padrão também verificado em figo (Irfan et al., 2013) e maçã (Vieites et al., 2014).

Como indicativo do equilíbrio entre açúcares solúveis e a quantidade de ácidos livres presentes nas frutas, a relação SS/AT ou 'ratio' representa a sensação agradável no paladar do consumidor (Dias et al., 2011). Os valores desta razão foram crescentes

($P < 0.05$) ao longo do armazenamento (Tabela 1). Com um maior acúmulo médio para os pedúnculos revestidos (22,5%), comparados a hidrosfriados (13,9). Os valores de razão SS/AT entre outras variedades de pedúnculos de caju variaram entre 49 a 74, estando essa variável influenciada por fatores ambientais e de produção (Moura et al., 2013).

Tabela 1. Variações de sólidos solúveis (%), acidez total (%) e relação SS/AT de pedúnculos de caju submetidos a diferentes tratamentos ao longo de armazenamento a 5° C e 95% UR.

Parâmetros	Trat.	Tempo de Armazenamento (Dias)					
		0	5	10	15	20	25
SS (%)	HY	10.57 aAB	10.80 aA	10.67 aB	10.86 aB	10.93 aB	10.86 aC
	HYCa	10.47 bB	10.70 bA	11.53 aA	11.23 aB	11.53 aA	11.36 aB
CV (%)= 0.84	RC	10.90 bcA	10.70 cA	10.97 bcB	11.00 bcB	11.93 aA	11.02 bBC
	RCCa	10.90 bA	11.00 bA	10.83 bB	11.83 aA	11.53 aA	11.97 aA
Acidez Total (% de ácido málico)	HY	0.28 abB	0.33 aAB	0.28 abA	0.26 bcA	0.21 cA	0.24 bcA
	HYCa	0.30 aAB	0.29 aB	0.28 aA	0.26 aA	0.25 aA	0.24 aA
CV (%) = 4.91	RC	0.31 aAB	0.28 aB	0.28 aA	0.27 aA	0.21 bA	0.25 abA
	RCCa	0.35 aA	0.37 aA	0.27 bA	0.27 bA	0.25 bA	0.22 bA
SS/AT	HY	37.37 bcA	33.16 cAB	37.75 bcA	42.43 bcA	52.32 aAB	46.92 abAB
	HYCa	35.44 cA	36.96 bcAB	40.90 abcA	43.89 abcA	45.91 abB	48.25 aAB
CV (%) = 9.74	RC	35.59 bA	39.10 bA	38.86 bA	40.74 bA	57.86 aA	44.27 bB
	RCCa	30.89 dA	29.80 cdB	40.01 bcA	44.39 abA	45.57 abB	53.62 aA

^a Os dados são expressos com a média (n=3). Letras maiúsculas diferentes indicam diferença significativa ($p < 0.05$) entre os tratamentos para o mesmo período de armazenamento. Letras minúsculas representam diferença significativa ao longo do armazenamento em cada tratamento (teste de Tukey, $p < 0.05$).

6.4. Conclusões

O hidrosfriamento foi eficaz na manutenção da qualidade de pedúnculos de caju em armazenamento refrigerado. A resistência e integridade da parede celular podem ser atribuídos ao efeito do cálcio na prevenção da perda de firmeza com menor atividade das enzimas. Além disso, a cobertura comestível a base de amido de milho 4% não foi eficiente em pedúnculos de caju, com reduções da massa fresca, pigmentos de cor e vitamina C, e aparente redução na qualidade visual do produto. É válido lembrar, que essa afirmação é simplesmente baseada nos fatores avaliados e não contempla aspectos relacionados a outras concentrações e operacionalização para confecção e utilização de coberturas comestíveis. Por fim, os resultados indicam que o hidrosfriamento combinando com cloreto de cálcio, poderia ser uma técnica eficiente para manter a qualidade e estender a vida útil de pedúnculos de caju durante o armazenamento refrigerado.

Agradecimentos

Este estudo foi financiado pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES.

Referências

- Ali, A., Ong, M.K., Forney, C.F. (2014). Effect of ozone pre-conditioning on quality and antioxidant capacity of papaya fruit during ambient storage. *Food Chemistry*, 142, 19-26.
- Akinwale, T. O. (2000). Cashew apple juice: its use in fortifying the nutritional quality of some tropical fruits. *European Food Research and Technology*, 211(3), 205–207.
- Almeida, M. L. B., Freitas, W. E. de S., Sarmiento, J. D. A., De Moraes, P. L. D., & Da Silva, Geomar, G. (2011). Qualidade pós-colheita de pedúnculos de cajueiro submetido a dois métodos de colheita e mantidos sob refrigeração. *Revista Verde*, 6(3), 168–173.
- Aquino, A. C. M. de S., Soares MÓES, R., & Almeida CASTRO, A. (2011). Estabilidade de ácido ascórbico, carotenoides e antocianinas de frutos de acerola congelados por métodos criogênicos. *Brazilian Journal of Food Technology*, 14(02), 154–163.
- Assis, O. B. G., & Britto, D. (2014). Revisão : coberturas comestíveis protetoras em frutas : fundamentos e aplicações. *Brazilian Journal Food Technology*, 17(2), 87–97.
- Biale, J. B., Barcus, D. E. (1967) Respiratory pattern in tropical fruits of the Amazon Basin. *Tropical Science*, 12(2), 93-104.
- Biale, J. B., Young, R. E. (1981). Respiration and ripening in fruits retrospect and prospect. In: FRIEND, J.; RHODES, M. J.C. (eds.) *Recent advances in the biochemistry of fruits and vegetables*, London: Academic Press, 1-37.
- Bourtoom, T. (2008). Review Article Edible films and coatings: characteristics and properties. *International Food Research Journal*, 15(3), 237–248.
- Caleb, O. J., Mahajan, P. V., Al-Said, F. A., & Opara, U. L. (2013). Transpiration rate and quality of pomegranate arils as affected by storage conditions. *CyTA - Journal of Food*, 11(3), 199–207.
- Carnelossi, A.M.G., Toledo, W.F.F., Souza, D.C.L., Lira, M.L, Da Silva, G.F., Jalali, V.R.R., & Viégas, R.A. (2004). Conservação pós-colheita de mangaba (*Hancornia speciosa* Gomes). *Ciência e Agrotecnologia*, 28(5), 1119–1125.
- Carnelossi, A. M. G., Fernanda, W., Toledo, F., Cecília, D., Souza, L., Lira, M. D. L., ... Viégas, D. A. (2004). Conservação pós-colheita de mangaba (*Hancornia speciosa* Gomes). *Ciência E Agrotecnologia*, 28(5), 1119–1125.
- De Abreu, F. P., Dornier, M., Dionisio, A. P., Carail, M., Caris-Veyrat, C., & Dhuique-Mayer, C. (2013). Cashew apple (*Anacardium occidentale* L.) extract from by-product of juice processing: A focus on carotenoids. *Food Chemistry*, 138(1), 25–31.
- De Figueiredo, R. W., Lajolo, F. M., Alves, R. E., Filgueiras, H. A. C., Maia, G. A., & De Sousa, P. H. M. (2007). Qualidade de pedúnculos de caju submetidos à aplicação pós-colheita de cálcio e armazenados sob refrigeração. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 42(4), 475–482.
- Dhall, R. K. (2013). Advances in edible coatings for fresh fruits and vegetables: a review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 53(5), 435–50.

- Ding, C. K., Chachin, K., Ueda, Y., Imahori, Y., & Wang, C. Y. (2001). Metabolism of Phenolic Compounds during Loquat Fruit Development. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49(6), 2883–2888.
- EMBRAPA, Empresa Brasileira De Pesquisa Agropecuária. (2001). *Cultivo do cajueiro anão precoce: Aspectos fitotécnicos com ênfase na adubação e na irrigação* (No. 08). Retrieved from https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Repositorio/Cultivo_cajueiro_Crisostomo_000fyipkypr02wx5ok0pvo4k36o1xo1h.pdf
- Edagi, F. K., Sestari, I., Sasaki, F. F., Cabral, S. M., Meneghini, J., & Kluge, R. A. (2009). Aumento do potencial de armazenamento refrigerado de nêsperas “Fukuhara” com o uso de tratamento térmico. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 44(10), 1270–1276.
- Elansari, A. M. (2008). Hydrocooling rates of Barhee dates at the Khalal stage. *Postharvest Biology and Technology*, 48(3), 402–407.
- Fakhouri, F. M., Martelli, S. M., Caon, T., Velasco, J. I., & Mei, L. H. I. (2015). Edible films and coatings based on starch/gelatin: Film properties and effect of coatings on quality of refrigerated Red Crimson grapes. *Postharvest Biology and Technology*, 109, 57–64.
- Ferreira, D. F. (2014). Sisvar: a guide for its bootstrap procedures in multiple comparisons. *Ciencia E Agrotecnologia*, 38(2), 109–112.
- Figueroa, C. R., Opazo, M. C., Vera, P., Arriagada, O., Díaz, M., & Moya-León, M. A. (2012). Effect of postharvest treatment of calcium and auxin on cell wall composition and expression of cell wall-modifying genes in the Chilean strawberry (*Fragaria chiloensis*) fruit. *Food Chemistry*, 132(4), 2014–2022.
- Galus, S., & Kadzińska, J. (2015). Food applications of emulsion-based edible films and coatings. *Trends in Food Science & Technology*, 45(2), 273–283.
- García-Cruz, L., Valle-Guadarrama, S., Salinas-Moreno, Y., & Luna-Morales, C. del C. (2016). Postharvest quality, soluble phenols, betalains content, and antioxidant activity of *Stenocereus pruinosus* and *Stenocereus stellatus* fruit. *Postharvest Biology and Technology*, 111, 69–76.
- Guedes-Oliveira, J. M., Salgado, R. L., Costa-Lima, B. R. C., Guedes-Oliveira, J., & Conte-Junior, C. A. (2016). Washed cashew apple fiber (*Anacardium occidentale* L.) as fat replacer in chicken patties. *LWT - Food Science and Technology*, 71, 268–273.
- Irfan, P. K., Vanjakshi, V., Prakash, M. N. K., Ravi, R., & Kudachikar, V. B. (2013). Calcium chloride extends the keeping quality of fig fruit (*Ficus carica* L.) during storage and shelf-life. *Postharvest Biology and Technology*, 82, 70–75.
- Jackman, R. L., & Stanley, D. W. (1992). Failure mechanisms of tomato pericarp tissue suggested by large and small deformation tests. *Journal of Texture Studies*, 23(4), 475–489.
- Jacomino, A. P. J., Argent, S. A. S., & B, A. (2011). Potential for Grading , Sanitizing , and Hydrocooling Fresh Strawberries, 221–226.
- Jen, J. J.; Robinson, M. L. P. (1984). Pectolytic enzymes in sweet bell peppers (*Capsicum annum* L.). *Journal of Food Science*, Chicago, 49 (4), 1085-1087.
- Jing, C. L., Dong, X. F., Wang, Z. M., Liu, S., & Tong, J. M. (2015). Comparative study of DL-selenomethionine vs sodium selenite and seleno-yeast on antioxidant activity and selenium status in laying hens. *Poultry Science*, 94(5), 965–75.
- Kirtil, E., Oztop, M.H., Sirijariyawat, A., Ngamchuachit, P., Barrett, D.M., McCarthy, M.J. 2014. Effect of pectin methyl esterase (PME) and CaCl₂ infusion on the cell integrity of fresh-cut and frozen-thawed mangoes: An NMR relaxometry study.

- Food Research International*, 66, 409–416.
- Khaliq, G., Muda Mohamed, M. T., Ali, A., Ding, P., & Ghazali, H. M. (2015). Effect of gum arabic coating combined with calcium chloride on physico-chemical and qualitative properties of mango (*Mangifera indica* L.) fruit during low temperature storage. *Scientia Horticulturae*, 190, 187–194.
- Kubota, N. Phenolic content and Lphenylalanine ammonia-lyase activity in peach fruit. In: *Modern methods of plant analysis – Fruits Analysis*. v. 18, p.81-94, 1995.
- Li, F., Zhang, X., Song, B., Li, J., Shang, Z., & Guan, J. (2013). Combined effects of 1-MCP and MAP on the fruit quality of pear (*Pyrus bretschneideri* Reld cv. Laiyang) during cold storage. *Scientia Horticulturae*, 164, 544–551.
- Liang, Y. S., Wongmetha, O., Wu, P. S., & Ke, L. S. (2013). Influence of hydrocooling on browning and quality of litchi cultivar Feizixiao during storage. *International Journal of Refrigeration*, 36(3), 1173–1179.
- Lin, L., Guo, D., Huang, J., Zhang, X., Zhang, L., & Wei, C. (2016). Molecular structure and enzymatic hydrolysis properties of starches from high-amylose maize inbred lines and their hybrids. *Food Hydrocolloids*, 58, 246–254.
- Lopes, M. M. de A., de Moura, C. F. H., de Aragão, F. A. S., Cardoso, T. G., & Filho, J. E. (2011). Caracterização física de pedúnculos de clones de cajueiro anão precoce em diferentes estádios de maturação. *Revista Ciencia Agronomica*, 42(4), 914–920.
- Luvielmo, M. de M., & Lamas, S. V. (2012). Revestimentos comestíveis em frutas. *Estudos Tecnológicos Em Engenharia*, 8(1), 8–15.
- Madani, B., Muda Mohamed, M. T., Biggs, A. R., Kadir, J., Awang, Y., Tayebimeigooni, A., & Shojaei, T. R. (2014). Effect of pre-harvest calcium chloride applications on fruit calcium level and post-harvest anthracnose disease of papaya. *Crop Protection*, 55, 55–60.
- Manganaris, G. A., Ilias, I. F., Vasilakakis, M., & Mignani, I. (2007). The effect of hydrocooling on ripening related quality attributes and cell wall physicochemical properties of sweet cherry fruit (*Prunus avium* L.). *International Journal of Refrigeration*, 30(8), 1386–1392.
- Mattheis, J. P., Buchanan, D. A., & Fellman, J. K. (1997). Volatile Constituents of Bing Sweet Cherry Fruit following Controlled Atmosphere Storage. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 45(1), 212–216.
- McGuire, R. G. (1992). Reporting of objective colour measurements. *HortScience*, 27(12), 1254–1255.
- Mellado-Ortega, E., & Hornero-Méndez, D. (2015). Carotenoid profiling of *Hordeum chilense* grains: The parental proof for the origin of the high carotenoid content and esterification pattern of tritordeum. *Journal of Cereal Science*, 62, 15–21.
- Michodjehoun-Mestres, L., Souquet, J. M., Fulcrand, H., Bouchut, C., Reynes, M., & Brillouet, J. M. (2009). Monomeric phenols of cashew apple (*Anacardium occidentale* L.). *Food Chemistry*, 112(4), 851–857.
- Morais, A. de S., Maia, G. A., Figueiredo, R. W. de, Alves, R. E., Filgueiras, H. A. C., & Moura, C. F. H. (2002). Armazenamento refrigerado sob atmosfera modificada de pedúnculos de cajueiro-anão-precoce dos clones CCP-76, end-157, end-183 e end-189. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 24(3), 647–650.
- Moura, C. F. H., Figueiredo, R. W. De, Alves, R. E., & Oliveira, E. De. (2005). Aparência e cor da película de pedúnculos de clones de cajueiro anão precoce para consumo in natura armazenados sob diferentes camadas de PVC, 36 (3), 371–375.
- Nunes, M. C. N., Brecht, J. K., Morais, A. M., & Sargent, S. A. (2006). Physicochemical changes during strawberry development in the field compared with those that occur in harvested fruit during storage. *Journal of the Science of*

- Food and Agriculture*, 86(2), 180–190.
- Ortiz, A., Graell, J., & Lara, I. (2011). Cell wall-modifying enzymes and firmness loss in ripening “Golden Reinders” apples: A comparison between calcium dips and ULO storage. *Food Chemistry*, 128(4), 1072–1079.
- Paniagua, A. C., East, A. R., & Heyes, J. A. (2014). Interaction of temperature control deficiencies and atmosphere conditions during blueberry storage on quality outcomes. *Postharvest Biology and Technology*, 95, 50–59.
- Picchioni, G. A., Watada, A. E., Conway, W. S., Whitaker, B. D., & Sams, C. E. (1998). Postharvest Calcium Infiltration Delays Membrane Lipid Catabolism in Apple Fruit. *J. Agric. Food Chem.* 1998, 46, 2452–2457.
- Préstamo, G., & Manzano, P. (1993). Peroxidases of Selected Fruits and Vegetables and the Possible Use of Ascorbic Acid as an Antioxidant. *HortScience*, 28(1), 48–50.
- Queiroz, C., Lopes, M. L. M., Fialho, E., & Valente-Mesquita, V. L. (2011). Changes in bioactive compounds and antioxidant capacity of fresh-cut cashew apple. *Food Research International*, 44(5), 1459–1462.
- Rojas-Graü, M. A., Tapia, M. S., & Martín-Belloso, O. (2008). Using polysaccharide-based edible coatings to maintain quality of fresh-cut Fuji apples. *LWT - Food Science and Technology*, 41(1), 139–147.
- Saftner, R. A., Conway, W. S., & Sams, C. E. (1999). Postharvest calcium infiltration alone and combined with surface coating treatments influence volatile levels, respiration, ethylene production, and internal atmospheres of “Golden Delicious” apples. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 124(5), 553–558.
- Schweiggert, R. M., Vargas, E., Conrad, J., Hempel, J., Gras, C. C., Ziegler, J. U., ... Carle, R. (2016). Carotenoids, carotenoid esters, and anthocyanins of yellow-, orange-, and red-peeled cashew apples (*Anacardium occidentale* L.). *Food Chemistry*, 200, 274–82.
- Sheng, L., Zhou, X., Liu, Z.-Y., Wang, J., Zhou, Q., Wang, L., ... Ji, S. (2016). Changed activities of enzymes crucial to membrane lipid metabolism accompany pericarp browning in “Nanguo” pears during refrigeration and subsequent shelf life at room temperature. *Postharvest Biology and Technology*, 117, 1–8.
- Simões, A. D. N., Moreira, S. I., Mosquim, P. R., Soares, N. D. F. F., & Puschmann, R. (2015). The effects of storage temperature on the quality and phenolic metabolism of whole and minimally processed kale leaves. *Acta Scientiarum. Agronomy*, 37(1), 101–107.
- Tavarini, S., Degl’Innocenti, E., Remorini, D., Massai, R., & Guidi, L. (2008). Antioxidant capacity, ascorbic acid, total phenols and carotenoids changes during harvest and after storage of Hayward kiwifruit. *Food Chemistry*, 107(1), 282–288.
- Taiz, L.; Zeiger, E. (2013). *Fisiologia vegetal*. 5.ed. Porto Alegre: Artemed, 954p.
- Toivonen, P. M. A., & Brummell, D. A. (2008). Biochemical bases of appearance and texture changes in fresh-cut fruit and vegetables. *Postharvest Biology and Technology*, 48(1), 1–14.
- Tokarskyy, O., Schneider, K. R., Berry, A., Sargent, S. A., & Sreedharan, A. (2015). Sanitizer applicability in a laboratory model strawberry hydrocooling system. *Postharvest Biology and Technology*, 101, 103–106.
- Valero, D., Serrano, M. *Calcium treatments* In: Valero, D.; Serrano, M. Postharvest biology and technology for preserving fruit quality. New York: CRS, 2010. v.1, cap. 6, p.109.
- Vieites, R. L., Soares, L. P. da R., Daiuto, É. R., Mendonça, V. Z. De, Furlaneto, K. A., & Fujita, E. (2014). Maçã “eva” orgânica submetida a aplicação pós-colheita de

- cloreto de cálcio. *Nativa*, 2(04), 187–193.
- Wang, Y., & Long, L. E. (2015). Physiological and biochemical changes relating to postharvest splitting of sweet cherries affected by calcium application in hydrocooling water. *Food Chemistry*, 181, 241–247.
- Wang, Y., Xie, X., & Long, L. E. (2014). The effect of postharvest calcium application in hydro-cooling water on tissue calcium content, biochemical changes, and quality attributes of sweet cherry fruit. *Food Chemistry*, 160, 22–30.
- Weber, F. H., Collares-Queiroz, F. P., & Chang, Y. K. (2009). Caracterização físico-química, reológica, morfológica e térmica dos amidos de milho normal, ceroso e com alto teor de amilose. *Ciência E Tecnologia de Alimentos*, 29(4), 748–753.