

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E
TECNOLOGIA GOIANO
PROGRAMA DE PESQUISA, PÓS-GRADUAÇÃO E INOVAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM OLERICULTURA

QUALIDADE PÓS COLHEITA DE CARURU EM RESPOSTA
AO TEMPO DE HIDRORESFRIAMENTO

Autora: Katrine Assunção de Lima Silva
Orientadora: Clarice Aparecida Megguer

MORRINHOS - GO
2016

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E
TECNOLOGIA GOIANO
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA, PÓS-GRADUAÇÃO E INOVAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM OLERICULTURA

QUALIDADE PÓS COLHEITA DE CARURU EM RESPOSTA
AO TEMPO DE HIDRORESFRIAMENTO

Autora: Katrine Assunção de Lima Silva
Orientadora: Clarice Aparecida Megguer

Dissertação apresentada, como parte das exigências para obtenção do título de MESTRE EM OLERICULTURA, no Programa de Pós-Graduação em Olericultura do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Campus Morrinhos – Área de Concentração Olericultura.

MORRINHOS - GO
2016

FICHA CATALOGRÁFICA

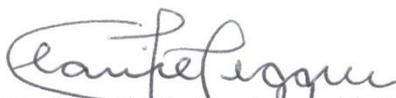
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO E INOVAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM OLERICULTURA

QUALIDADE PÓS COLHEITA DE CARURU EM
RESPOSTA AO TEMPO DE HIDRORESFRIAMENTO

Autora: Katrine Assunção de Lima Silva
Orientadora: Clarice Aparecida Megguer

TITULAÇÃO: Mestre em Olericultura-Área de Concentração em Sistema
de Produção em Olerícolas.

APROVADA em 21 de novembro de 2016.



Prof.^a. Dr.^a. Clarice Aparecida Megguer
Presidente da Banca
IF Goiano – Campus Morrinhos



Prof.^a. Dr.^a. Fernanda Salamoni Becker
Avaliadora Externa
Universidade Federal de Goiás



Dr. Nuno Rodrigo Madeira
Avaliador Externo
Embrapa Hortaliças

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, por ter me dado força e discernimento nesta caminhada!

Aos meus pais por terem me dado valores e educação e por sempre acreditarem em mim, pelo carinho e amor. Amo muito vocês!

A meus irmãos, que mesmo com a distância estão sempre comigo. Tenho amor incondicional por vocês!

A meu esposo, por se fazer tão importante na minha vida dedicando seu companheirismo, paciência, compreensão, apoio e amor sempre me fazendo acreditar em mim. Obrigada por fazer desse sonho, nosso sonho, e por tornar isso realidade!

Filha, obrigada pela obediência e por ser tão compreensiva. Você é a luz que ilumina todo meu caminho, te amo muito!

A minha avó Assunção por sempre me esperar com um abraço cheio de carinho.

Ao Sr Augustinho e Dona Nirte pelo apoio na minha ausência.

A professora e orientadora Clarice Megguer pelos ensinamentos e dedicação a esse trabalho, sempre me auxiliando nas dificuldades encontradas e nas incontáveis dúvidas que surgiram durante a realização deste trabalho.

A Iara, Tuane e Bia pela amizade, sorrisos e dedicação a esse trabalho. Obrigado por compreenderem a importância do mestrado pra mim. Meu agradecimento especial a vocês!

Aos professores, funcionários e colegas do Curso de Pós Graduação em Olericultura do Instituto Federal Goiano – Campus Morrinhos, que de alguma forma contribuíram para minha formação.

A Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Goiás (FAPEG), pelo apoio financeiro concedido a pesquisa.

Muito obrigada!

BIOGRAFIA DO AUTOR

KATRINE ASSUNÇÃO DE LIMA SILVA nasceu em 02 de fevereiro de 1986, em Uruana, Estado de Goiás. Filha de Claudio Mauricio da Silva e Elizabeth Lira de Lima Silva.

Em dezembro de 2010, concluiu o curso de Tecnologia em Alimentos, pelo Instituto Federal Goiano – Campus Urutaí, em Urutaí, Goiás.

Em Julho de 2012, concluiu o curso de Pós Graduação em Gestão da Segurança em Alimentos, pelo Senac / Goiás, em Goiânia, Goiás.

Em agosto de 2014, iniciou o curso de Mestrado no Programa de Pós Graduação em Olericultura no Instituto Federal Goiano – Campus Morrinhos, submetendo a defesa da dissertação em novembro de 2016.

ÍNDICE

	Página
RESUMO.....	v
ABSTRACT.....	vii
1. INTRODUÇÃO GERAL.....	1
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	3
2.1 Hortaliças não convencionais	3
2.2 Aspectos gerais do caruru	4
2.3 Perda de água	5
2.4 Hidroresfriamento	6
2.5 Referências Bibliográficas	7
3. CAPÍTULO I	10
Resumo	10
Abstract.....	11
3.1 Introdução	11
3.2 Material e Métodos	12
3.2.1 Experimento 1: Qualidade pós colheita de caruru (<i>Amaranthus cruentus</i>)	12
3.2.1.1 Material vegetal.....	12
3.2.1.2 Avaliações	13
3.2.2 Experimento 2: Qualidade pós colheita de caruru (<i>Amaranthus deflexus</i> L.)	16
3.2.2.1 Material vegetal.....	16
3.3 Resultados e Discussão	17
3.3.1 Experimento 1: Qualidade pós colheita de caruru (<i>Amaranthus cruentus</i>)	17
3.3.2 Experimento 2: Qualidade pós colheita de caruru (<i>Amaranthus deflexus</i> L.)	21
3.4 Conclusão.....	28
3.5 Referências bibliográficas.....	28
4. CONCLUSÃO GERAL.....	30
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	32

RESUMO

SILVA, KATRINE ASSUNÇÃO DE LIMA, Instituto Federal Goiano – Campus Morrinhos, outubro de 2016. **Qualidade pós colheita de caruru em resposta ao tempo de hidrofriamento.** Orientadora: Clarice Aparecida Megguer, novembro de 2016.

O caruru tem origem na América tropical e subtropical, tem a designação comum para as plantas do gênero *Amaranthus* e nomes comuns como caruru-de-porco e bredo. É descrito como uma hortaliça não convencional passível de ser incluída na alimentação humana. O caruru é uma hortaliça altamente perecível e a utilização de temperatura ótima de armazenamento, o mais rápido possível, permite maior qualidade e vida útil pós colheita. Objetivou-se com este trabalho testar a viabilidade do hidrofriamento em diferentes tempos de imersão (imediate, 5, 10, 15 e 20 minutos) em espécies de caruru como uma maneira de aplicação prática e imediata para redução de perdas pós colheita. O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições. Após a imposição dos tratamentos os maços de caruru (*A. cruentus* e *A. deflexus* L.) foram acondicionados em embalagens plásticas perfuradas, e armazenadas em temperatura de 9 °C com umidade relativa de $80 \pm 5\%$. A temperatura dos maços de caruru durante o hidrofriamento e durante a vida pós colheita foi aferida com o auxílio de termômetro infravermelho. A qualidade pós colheita do caruru foi determinada diariamente, quanto ao teor de sólidos solúveis, acidez titulável, açúcares solúveis totais, pH, vitamina C, perda de massa, taxa de liberação de eletrólitos, conteúdo relativo de água e pigmentos cloroplásticos. Os dados foram submetidos a análise de variância e as médias dos tratamentos comparadas pelo teste Scott-Knott a 5% de probabilidade, para

comparar os efeitos dos tratamentos sobre a qualidade e vida pós colheita de caruru. Observou-se que o hidrosfriamento e o armazenamento a 9°C com $80 \pm 5\%$ UR, retardou os processos de degradação da qualidade pós colheita, mas não prolongou a vida de prateleira em maços de caruru. A vida pós colheita variou entre as espécies, sendo de cinco dias para *Amaranthus cruentus* e de três dias para *Amaranthus deflexus* L.

PALAVRAS-CHAVE: *Amaranthus cruentus*, *Amaranthus deflexus* L., refrigeração

ABSTRACT

SILVA, KATRINE ASSUNÇÃO DE LIMA, Instituto Federal Goiano – Campus Morrinhos, October 2016. **Postharvest quality of caruru as response to hydrocooling time.** Advisor: Clarice Aparecida Megguer, November 2016.

The “caruru” originally from tropical and subtropical American, have been classified as a plant of the genus *Amaranthus*, them are too known by pigweed and bredo. It is described as unconventional vegetables that can be included in human food. The pigweed is a vegetable highly perishable and the use of optimum temperature of storage, as soon as possible, allows higher quality and postharvest life. This study was carried out to evaluated the viability of hydrocooling in different immersion times (immediately, 5, 10, 15 and 20 minutes) as way to reducing postharvest losses. The experiment was conducted in a completely randomized design with four replication. After treatments the pigweed packets, *Amaranthus cruentus* and *Amaranthus deflexus* L., were placed in perforated plastic bags and stored at 9 °C and 80±5% RH. The temperature of pigweed packets during hydrocooling and postharvest life was measured using infrared thermometer. Postharvest quality of pigweed was determined daily such as the soluble solids, titratable acidity, total soluble sugar, pH, vitamin C, weight loss, electrolytes leakage rate, relative water content and chloroplastid pigments. Data were submitted to variance analysis and treatments were compared by Tukey test at 5% probability, to compare the effects of treatments on postharvest quality of pigweed. We verified that hydrocooling and storage at 9 °C and 80 ± 5% RH, delayed postharvest quality degradation processes, but did not

extended the shelf life pigweed packets. The postharvest life varied between species, with five days to *Amaranthus cruentus* and three days to *Amaranthus deflexus* L.

KEYWORDS: *Amaranthus cruentus*, *Amaranthus deflexus* L., cooling.

1. INTRODUÇÃO GERAL

As hortaliças não convencionais são aquelas com distribuição limitada a determinadas regiões, exercendo grande influência sobre a alimentação e a cultura de populações tradicionais (Brasil, 2010). Além disso, são espécies que não estão organizadas enquanto cadeia produtiva, em contraste com as hortaliças convencionais como batata, tomate, repolho, alface, entre outras, não despertando o interesse por parte das empresas produtoras de sementes, fertilizantes e pesticidas (Brasil, 2010).

A Embrapa Hortaliças vem promovendo o cultivo e o consumo dessas hortaliças, gerando assim uma maior diversificação da produção e da dieta alimentar. Dentre as hortaliças não convencionais, o caruru vem sendo descrito como uma hortaliça passível de ser incluída na alimentação humana, considerado por Viana *et al.* (2015) boa fonte de cálcio, magnésio, nitrogênio e enxofre, além de apresentar teor bastante elevado de ferro (790 g kg^{-1}).

O caruru tem origem na América tropical e subtropical, tem a designação comum para as plantas do gênero *Amaranthus* e nomes comuns como caruru-de-porco e bredo. As plantas de coloração pigmentada são, em geral, denominadas amaranto, apresentando folhas de consistência tenra e flores em espigas nos ápices dos caules ou nas axilas das folhas. Muitas vezes consideradas invasoras de plantações, podem ser também utilizadas como indicadoras de qualidade do solo, indicando solo fértil, especialmente rico em potássio (Madeira *et al.*, 2013).

Um dos fatores limitantes na produção hortícola, principalmente das folhosas, é o curto período de conservação pós colheita causado por vários fatores. Dentre os fatores causadores da deterioração da maioria dos produtos hortícolas, podemos citar a elevada taxa respiratória, a transpiração, a produção de etileno, as doenças pós colheita, as desordens fisiológicas e danos físicos (Kader, 2002). Segundo Scheer (1994), os produtos

hortícolas têm grande perda de água devido a transpiração. Esta perda depende da diferença de pressão do vapor de água entre o produto e a atmosfera circundante, cuja determinação baseia-se na diferença entre as temperaturas do produto e do ar e da umidade relativa do ar (Ferreira, 2009).

Portanto, armazenar as hortaliças em temperatura ótima de armazenamento, o mais rápido possível, permite maior qualidade e vida útil pós colheita. Neste contexto, sugere-se o uso de métodos combinados que retardem os processos de deterioração, incluindo técnicas de pré-resfriamento e hidroresfriamento.

O pré-resfriamento de frutas e hortaliças tem como função promover a remoção de calor de campo antes das mesmas serem processadas ou armazenadas, mantendo o frescor e sabor pós colheita (Becker & Fricke, 2002), além de reduzir a atividade microbiana e a taxa de respiração (Kalbasi-Ashtari, 2004). Outra técnica que têm-se mostrado eficaz no controle da vida útil pós colheita de hortaliças folhosas é o hidroresfriamento, que consiste essencialmente, em diminuir o calor dos produtos utilizando-se água sob baixas temperaturas. Os produtos ao serem colocados em contato com a água por imersão, aspersão ou lavagem, mantém a umidade durante o processo e oferece rápida remoção do calor (Aguila *et al.*, 2009). Gonçalves (2013), discorre em estudo que essas técnicas combinadas em hortaliças folhosas (alface crespa, couve, chicória e rúcula) são eficazes na redução da perda de massa, mantém o maior teor relativo de água além de contribuir para manutenção da turgescência retardando a murcha aparente das hortaliças.

No entanto, testar a viabilidade do hidroresfriamento em diferentes tempos de imersão em espécies de caruru é uma maneira de aplicação prática e imediata para redução de perdas pós colheita, bem como o desenvolvimento de pesquisa em recursos que melhor caracterizem a fisiologia para a preservação pós colheita do caruru, hortaliça de grande potencial nutricional.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Hortaliças não convencionais

Muitas plantas chamadas de "daninhas" ou "inços", por se desenvolverem entre plantas cultivadas, são espécies de grande importância ecológica e econômica. Muitas destas espécies, por exemplo, são alimentícias mesmo que em desuso, ou quase, para a maioria da população (Kinupp, 2007). Esses vegetais contribuem majoritariamente para a obtenção de alimentos através de recursos naturais e a conservação da diversidade de espécies de vegetais comestíveis é a chave para o abastecimento de alimentos, especialmente para população mais pobre e pequenos produtores rurais (Prescott-Allen & Prescott-Allen, 1990).

Neste contexto, esses vegetais são definidos como hortaliças não convencionais devido a sua distribuição limitada e restrita a determinadas localidades ou regiões, exercendo grande influência na alimentação e na cultura de populações tradicionais (Brasil, 2010).

Como resultado da globalização e do crescente uso de alimentos industrializados, o cultivo e o consumo de hortaliças não convencionais têm diminuído não só em todas as regiões do país, em áreas rurais e urbanas, mas também entre todas as classes sociais em decorrência das mudanças significativas no padrão alimentar dos brasileiros e perdas de características culturais e de identidade com o consumo de alimentos locais e regionais (Brasil, 2010). Essas hortaliças popularmente chamadas de “mato” ou “daninhas”, podem ser uma alternativa alimentar de qualidade.

As hortaliças, de maneira geral, possuem grande importância na prática da boa alimentação, o que está relacionado com os princípios básicos de segurança alimentar e nutricional, destacadamente no fornecimento de vitaminas, sais minerais e fibras.

Algumas delas são ainda, excelente fonte de carboidratos e proteínas (Madeira *et al.*, 2013).

No Brasil, existem poucos trabalhos científicos e mesmo de divulgação sobre hortaliças não convencionais. Kinupp (2007), em estudo da caracterização de plantas não convencionais na região metropolitana de Porto Alegre estima ter encontrado 312 espécies de plantas com potencial alimentício, as quais encontram-se distribuídas em 190 gêneros e estão agrupadas em 78 famílias botânicas, sendo três famílias de Gimnospermas (três espécies), duas Pteridófitas (duas espécies) e o restante das famílias e espécies (306) pertencentes às Angiospermas. Contudo, os valores alimentícios das hortaliças não convencionais precisam melhor ser pesquisados e divulgados.

2.2 Aspectos gerais do caruru

Segundo Zurlo & Brandão (1990), é bastante rica a história dos carurus, que começaram a ir para a mesa no Brasil colonial, sendo apreciados da casa grande à senzala. Na Bahia, essa erva é chamada bredo e só toma outra denominação quando misturada a vários ingredientes, para formar uma das delícias da culinária baiana: o caruru.

Os carurus, em geral, são plantas anuais, pequenas, eretas e pouco ramificadas. Suas folhas são simples, de bordos às vezes ondulados, com margens uniformes ou com lóbulos evidenciados. As flores estão dispostas em pequenos aglomerados, no ápice dos ramos, e nas axilas das folhas (Zurlo & Brandão, 1990). O caruru ocorre de maneira espontânea ou pode ser cultivado. Dependendo das condições climáticas, o ciclo pode variar entre 90 a 100 dias. Verifica-se ainda que 20 a 30 dias após a semeadura, o crescimento é rápido e podem atingir até 2,0 m em semeaduras de safrinha (fevereiro-março), com suprimento de 300 mm de água, sendo essa tolerância ao estresse hídrico suplantada pelo sistema radicular vigoroso e ciclo curto, que possibilita a produção de grãos e biomassa para a proteção do solo (Spehar & Teixeira, 2002)

O caruru foi classificado botanicamente em diversas espécies e que popularmente são conhecidas com os mais variados nomes: *Amaranthus viridis* L., que recebe as denominações de caruru de mancha, caruru pequeno e caruru de porco; *Amaranthus hybridus* L., que é conhecida como bredo vermelho, caruru bravo, caruru roxo, chorão e crista de galo; *Amaranthus spinosus* L., que é chamada vulgarmente de bredo, bredo de chifre, bredo de espinho, caruru, caruru bravo e caruru de espinho; *Amaranthus lividus* L., que tem o nome popular de caruru de cuia (Zurlo & Brandão,

1990) e *Amaranthus deflexus* L.(Figura 1), com nome popular de caruru, caruru-rasteiro, bredo, bredo-rasteiro, pigweed, yuyu, yuyo (Kinupp & Lorenzi, 2014).



Figura 1. *Amaranthus deflexus* L

Outra espécie de caruru bastante conhecida é *Amaranthus cruentus* (Figura 2) que foi adaptada ao clima e solo brasileiro pela Embrapa-Cerrados (Planaltina-DF) que lançou a variedade BRS - Alegria em meados de 1990 que é o primeiro cultivar recomendado em nosso país (Spehar *et al.*, 2003). *Amaranthus cruentus* é comumente classificada como pseudo-cereal pela utilização de seus riquíssimos grãos, especialmente nos países andinos, na África e em países da América Central como o Haiti apresenta importância enquanto hortaliça folhosa, mas em outros locais é muitas vezes considerada como planta invasora de plantações (Madeira *et al.*, 2013).



Figura 2. *Amaranthus cruentus*

Existem ainda outras espécies menos cotadas.

2.3 Perda de água

Após a colheita, os órgãos vegetais continuam vivos, respirando, transpirando e conseqüentemente, perdendo água, frescor e turgescência (Gonçalves, 2013) acarretando diversas mudanças na aparência, metabolismo e composição das hortaliças (Kays &

Paull, 2004), com conseqüentes alterações na coloração, qualidade nutricional (Wills *et al.*, 1998) e vitalidade (Oliveira *et al.*, 2015).

O murchamento e o enrugamento de frutos e hortaliças são os sintomas iniciais da excessiva perda de água e a sua taxa é dependente principalmente da temperatura e umidade do local de armazenamento (Finger & Vieira, 1997). A turgescência das folhas é importante fator de qualidade, pois está relacionado a seu conteúdo de água, que quando suficiente, mantém a pressão de turgor dos tecidos que exerce função de sustentação (Taiz & Zeiger, 2013).

As hortaliças possuem de 65 a 95% de seu peso em água (Lana *et al.*, 1998) sendo que a perda de água entre 6 a 7% já as tornam impróprias para consumo e comercialização (Luengo *et al.*, 2007). Além de afetar a aparência e, conseqüentemente o valor comercial, ocorrem alterações também na qualidade nutricional, visto que parte de seus nutrientes é perdida (Gonçalves, 2013).

Os principais fatores que afetam a taxa de perda de água é a área de superfície do produto e o gradiente de pressão de vapor entre o espaço intracelular do tecido e o ar ao redor do produto armazenado (Laurin *et al.*, 2005). Lembrando que o balanço hídrico representa a diferença entre a água total que entra no sistema via precipitação, ou seja, absorvida pela planta, e a quantidade total de água perdida pela evaporação e pela transpiração das plantas (Taiz & Zeiger, 2013; Mendoza & Lopes, 2007).

Segundo Chitarra & Chitarra (2005), após a colheita dos produtos folhosos, os estômatos normalmente se fecham após a perda de uma pequena quantidade de água pelos tecidos. Mas, sob condições de estresse (resfriamento rápido, “chilling”, etc), eles permanecem abertos. Contudo, a redução da taxa de transpiração, pode ser conseguido com medidas como aumento na umidade relativa do ar, redução da temperatura, redução do movimento do ar próximo a superfície do produto e com o uso de embalagens protetoras (Barros *et al.*, 1994).

2.4 Hidroresfriamento

A temperatura é um dos fatores de maior influência na respiração, havendo um valor ideal para a manutenção de cada tipo de produto vegetal, para que alcance um máximo de qualidade comestível (Chitarra & Chitarra, 2005). Em pós colheita, o controle das taxas respiratórias é de extrema importância uma vez que os substratos respiratórios não são repostos, via fotossíntese, na mesma velocidade com que são consumidos.

Existem várias técnicas de pré resfriamento disponíveis para produtos altamente perecíveis, como salas de refrigeração, hidroresfriamento, resfriamento com ar forçado, resfriamento a vácuo e resfriamento criogênico (França, 2011). A escolha do método de resfriamento a ser usado é influenciada pela natureza do produto, requisitos de embalagem, fluxo do produto para venda e restrições econômicas (Brosnan & Sun, 2001).

O hidroresfriamento se destaca dentre esses métodos por sua simplicidade, praticidade e eficiência, e consiste na utilização de água gelada ou fria para baixar a temperatura do produto antes de ser embalado e refrigerado (França, 2011). Um dos grandes benefícios desse método é a preservação da perda de umidade durante o processo de resfriamento (Wills *et al.*, 1998).

Para que o hidroresfriamento seja efetivo, o contato entre a água e a superfície do produto deve ser uniforme (Kays, 1991) e o uso do gelo como meio de resfriamento apresenta-se como uma das alternativas para aumentar, ainda mais, as vantagens do hidroresfriamento (Teruel *et al.*, 2004) por aumentar significativamente a capacidade frigorífica já que o gelo pode fornecer frio de forma prolongada (Gonçalves, 2013).

O tempo de resfriamento varia proporcionalmente com o volume do produto, sendo as hortaliças geralmente resfriadas por 1,5 a 55 minutos (Teruel *et al.*, 2002). No entanto, a temperatura e o tempo de exposição são críticos e podem levar ao desenvolvimento de sintomas decorrentes das alterações nas membranas e paredes celulares e de modificações na atividade respiratória, com desequilíbrio energético do sistema. Quanto mais baixa for a temperatura (abaixo do limiar de temperatura de “chilling”) e mais longo o tempo de exposição, maior será a severidade dos sintomas (Chitarra & Chitarra, 2005).

2.5 Referências Bibliográficas

- AGUILA JS del; HOFMAN P; CAMPBELL T; MARQUES JR.; AGUILA LSH. del; KLUGE RA. 2009. Pré-resfriamento em água de lichia “B3” mantida em armazenamento refrigerado. *Revista Ciência Rural* 39: n. 8, 2373-2379.
- BARROS JCSM; GOES A; MINAMI K. 1994. Condições de conservação pós-colheita de frutos de pimentão (*Capsicum annuum* L.). *Scientia Agricola* 51: 363-368.
- BECKER BR; FRICKE BA. 2002. Hydrocooling time estimation methods. *International Communications in Heat and Mass Transfer* 29: n. 2, 165-174.
- BRASIL. 2010. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. *Manual de hortaliças não-convencionais*. Brasília: Mapa/ACS, 92p.
- BROSNAN T; SUN DA-WEN. 2001. Precooling techniques and applications for horticultural products – a review. *International Journal of Refrigeration* 24: 154-170.

- CHITARRA MIF; CHITARRA AB. 2005. *Pós-colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manuseio*. Lavras: UFLA, 2 ed., 785p.
- FERREIRA APS. 2009. *Conservação pós colheita do jiló em embalagens ativas*. Viçosa: UFV. 36p (Tese doutorado).
- FINGER FL; VIEIRA G. 1997. *Controle da perda pós-colheita de água em produtos hortícolas*. Viçosa: UFV. 29p (caderno didático).
- FRANÇA CFM. 2011. *Conservação e qualidade pós-colheita em duas variedades de alface submetidas ao hidrorresfriamento*. Viçosa: UFV. 54 p (Dissertação mestrado).
- GONÇALVES SAS. 2013. *Efeito do hidrorresfriamento na conservação pós colheita de hortaliças folhosa*. Viçosa: UFV. 72p (Tese doutorado).
- KADER AA. 2002. *Postharvest technology of horticultural crops*. University of California, 3 ed. 535 p.
- 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*. Manuscript FP 04 003.
- KAYS SJ; PAULL RE. 2004. *Postharvest biology*. Georgia: Exon Press. 568p.
- KAYS SJ. 1991. *Postharvest physiology of perishable plant products*. New York: Na Avi Book. 532p.
- KINIPP FV. 2007. *Plantas alimentícias não convencionais da região metropolitana de Porto Alegre, RS*. Porto Alegre: – UFRGS. 562p (Tese doutorado).
- KINUPP, FV; LORENZI, H. 2014. *Plantas Alimentícias Não Convencionais (PANC) no Brasil: guia de identificação, aspectos nutricionais e receitas ilustradas*. São Paulo: Instituto Plantarum de Estudos da Flora
- LANA MM; NASCIMENTO EF; MELO MF. 1998. *Manipulação e comercialização de hortaliças*. Brasília: Embrapa. 41p.
- LAURIN É; NUNES MCN; BRECH JK; ÉMOND JP. 2005. Vapor pressure deficit and water loss patterns during simulated air shipment and storage of be it alpha cucumbers. *Acta Horticulturae* 682: 1697 – 1703.
- LUENGO RFA; HENZ GP; MORETTI CL; CALDO AG. 2007. *Pós colheita de hortaliças*. Brasília: Embrapa. 100 p.
- MENDOZA RAM; LOPES NF. 2007. *Fisiologia vegetal: fotossíntese, respiração, relações hídricas e nutrição mineral*. Viçosa: UFV 2 ed.
- MADEIRA NR; SILVA PC; BOTREL N; MENDONÇA JLVSGSR; PEDROSA MW. 2013. *Manual de produção de hortaliças tradicionais*. Brasília: Embrapa Hortaliças. 156p.
- OLIVEIRA LS; SILVA TP; FERREIRA APS; PEREIRA AM; FINGER FL 2015. Efeito do hidrorresfriamento na conservação pós-colheita de coentro. *Horticultura Brasileira* 33: 448-452.
- SCHEER A. 1994. Reducing the water loss of horticultural and arable products during long term storage. *Acta Horticulturae* 368: 511-522.
- SPEHAR CR; TEIXEIRA DL; CABEZAS WARL; ERASMO EAL. 2003. Amarantho BRS Alegria – alternativa para diversificar os sistemas de produção. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 38: n. 5, 659-663.
- SPEHAR CR; TEIXEIRA DL. 2002. *Diferenças entre o pseudocereal amarantho e espécies de plantas daninha, Amaranthaceae*. Planaltina: Embrapa. (Comunicado Técnico 69).
- TAIZ L; ZEIGER E. 2013. *Fisiologia vegetal*. Porto Alegre: Artmed. 849p.

- TERUEL BJM; KIECKBUSCH T; CORTEZ L. 2004. Cooling parameters for fruits and vegetables of different sizes in a hydrocooling system. *Scientia Agricola* 61: n. 6, 655-658.
- TERUEL BJM; CORTEZ L; NEVES L. 2002. Estudo comparativo de resfriamento de laranja Valência em três sistemas de resfriamento. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental* 5: 481-486.
- VIANA MMS; CARLOS LA; SILVA EC; PEREIRA SMF; OLIVEIRA DB; ASSIS MLV. 2015. Composição fitoquímica e potencial antioxidante em hortaliças não convencionais. *Horticultura Brasileira* 33: 504-509.
- WILLS R; McGLASSOM B; GRAHAM D; JOYCE D. 1998. *Postharvest: an introduction to the physiology and handling of fruit, vegetables and ornamentals*. New York: CAB International 4 ed.
- ZURLO C; BRANDÃO M. 1990. *As ervas comestíveis: descrição, ilustração e receitas*. São Paulo: Globo, 2 ed.

3. CAPÍTULO I

(Normas de acordo com a revista Horticultura Brasileira)

Resumo

Hortaliças folhosas, como caruru, apresentam período de conservação pós colheita de até 4 dias pela rápida perda de água. O hidroresfriamento rapidamente remove o calor de campo e diminui a taxa transpiratória e preserva a umidade durante o resfriamento prolongando a vida útil do produto. Assim, objetivou-se com o presente estudo testar a viabilidade do hidroresfriamento em água a 9 °C em diferentes tempos de imersão (imediate, 5, 10, 15 e 20 minutos) durante o armazenamento em duas diferentes espécies de caruru, *Amaranthus cruentus* e *Amaranthus deflexus* L. Em seguida os maços de caruru, com 100 gramas cada, foram acondicionados em embalagens plásticas perfuradas, e armazenadas em temperatura de 9 °C com $80 \pm 5\%$ UR. A qualidade pós colheita do caruru foi determinada diariamente, quanto ao teor de sólidos solúveis, acidez titulável, açúcares solúveis totais, pH, vitamina C, perda de massa, taxa de liberação de eletrólitos, conteúdo relativo de água e pigmentos cloroplastídicos. Observou-se que o hidroresfriamento e o armazenamento a 9°C com $80 \pm 5\%$ UR, retardaram os processos de degradação da qualidade pós colheita, mas não prolongou a vida de prateleira em maços de caruru.

PALAVRAS-CHAVE: *Amaranthus cruentus*; *Amaranthus deflexus* L, temperatura; resfriamento.

Abstract

Leafy vegetables, such as caruru, shown until four days of postharvest storage, because they lose water easily. The hydrocooling quickly remove heat field, reduce the transpiratory rate and preserve the humidity during cooling, extending the shelf life of products. This study was carried out to evaluate the viability of hydrocooling at 9 °C under diferente immersion time (immediate, 5, 10, 15 and 20 minutes) during storage, on two caruru species: *Amaranthus cruentus* e *Amaranthus deflexus* L. Following caruru packets, containing 100 g, were stored in perforated plastic bag, then stored at 9 °C and 80±5% RH. The postharvest quality was daily evaluated as soluble solids, titrable acidity, total sugars soluble, pH, vitamin C, weight loss, electrolyte leakage rate, water relative content and chloroplast pigments. We verify that hydrocooling and the storage at 9 °C and 80% RH, delayed postharvest losses, but not extended the shelf life of caruru packets. KEY-WORDS: *Amaranthus cruentus*; *Amaranthus deflexus* L, temperature; cooling.

3.1 Introdução

O caruru tem origem na América tropical e subtropical, tem a designação comum para as plantas do gênero *Amaranthus* e nomes comuns como caruru-de-porco e bredo, muitas vezes consideradas invasoras de plantações (Madeira *et al.*, 2013), sendo hortaliça não convencional passível de ser incluída na alimentação humana. Segundo Wheeler *et al.* (2006) suas folhas tenras, assim como o espinafre, podem ser utilizadas em saladas e em concentrados proteicos, além de ser considerado por Viana *et al.* (2015) boa fonte de cálcio, magnésio, nitrogênio e enxofre apresenta teor bastante elevado de ferro (790 g kg⁻¹).

Assim como as hortaliças folhosas, o caruru apresenta curto período de conservação pós colheita pela rápida perda de água. A grande perda de água nos produtos hortícolas é devido à transpiração (Scheer, 1994), que pode ocasionar mudanças na aparência, metabolismo e composição das hortaliças (Kays & Paull, 2004) e como consequência alterações na coloração, qualidade nutricional (Wills *et al.*, 1998) e vitalidade (Oliveira *et al.*, 2015).

Neste contexto, estudiosos sugerem o uso de métodos combinados para retardar os processos de deterioração, que inclui técnicas de pré-resfriamento e hidrosfriamento. França (2011) destaca o hidrosfriamento por sua simplicidade, praticidade e eficiência. Consiste na utilização de água gelada ou fria para baixar a temperatura do produto antes de ser embalado e refrigerado.

Em folhas de coentro, o hidrosfriamento permitiu a manutenção da turgescência durante o terceiro e quarto dia dos maços conservados a 20 e 5°C, respectivamente (Oliveira *et al.*, 2015). Em hortaliças folhosas (alface crespa, couve, chicória e rúcula), se mostrou eficaz na redução da perda de massa, manteve o maior teor relativo de água além de contribuir para a manutenção da turgescência retardando a murcha aparente das hortaliças (Gonçalves, 2013).

Diante deste contexto, objetivou-se com este trabalho testar a viabilidade do hidrosfriamento em diferentes tempos de imersão em espécies de caruru, bem como o desenvolvimento de pesquisa em recursos que melhor caracterizem a fisiologia para a preservação pós colheita do caruru, hortaliça de grande potencial nutricional.

3.2 Material e Métodos

3.2.1 Experimento 1: Qualidade pós colheita de caruru (*Amaranthus cruentus*)

3.2.1.1 Material vegetal

As plantas de caruru (*Amaranthus cruentus*) foram colhidas entre nove e dez horas da manhã do dia 18 abril de 2016 no setor de campo experimental da Embrapa Hortaliças em Brasília – DF, estabeleceu-se como padrão de colheita as hortaliças com folhas sadias sem o início de florescimento. As hortaliças foram armazenadas em caixas de isopor com camada de gelo triturado coberto com folhas de papel toalha, para evitar a queima das folhas, para retirar rapidamente o calor de campo, em seguida as caixas foram vedadas e transportada para o Laboratório de Fitotecnia do Instituto Federal Goiano – Campus Morrinhos.

O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial 5 x 5 (cinco tempos de imersão: imediato, 5, 10, 15 e 20 minutos, e cinco períodos de armazenamento: 0, 1, 2, 3 e 4 dias), com quatro repetições. Cada repetição correspondendo a um maço (folha e haste) de caruru (100 gramas).

No Laboratório, o material vegetal foi selecionado, higienizado e separado em maços. O tempo entre a colheita e a imposição dos tratamentos foi de aproximadamente 7 horas. Posteriormente, os maços de caruru foram imediatamente imersos em água (potável) gelada a temperatura de 9 °C como os seguintes tratamentos: T1 – hidrosfriamento imediato, T2 – hidrosfriamento por 5 minutos, T3 –

hidroresfriamento por 10 minutos, T4 – hidroresfriamento por 15 minutos, T5 – hidroresfriamento por 20 minutos. Após o hidroresfriamento das hortaliças foi retirado o excesso de água com papel toalha e as mesmas acondicionadas em embalagens plásticas perfuradas, e armazenadas em BOD em temperatura de 9 °C com umidade relativa de 80 ± 5%. A temperatura dos maços de caruru, durante o hidroresfriamento e durante a vida pós colheita, foi aferida com o auxílio de termômetro infravermelho.

No dia seguinte, às 07 horas iniciaram-se as avaliações. A qualidade pós colheita do caruru foi determinada diariamente, durante 5 dias, quanto ao teor de sólidos solúveis, acidez titulável, açúcares solúveis totais, pH, vitamina C, perda de massa, taxa de liberação de eletrólitos, conteúdo relativo de água e pigmentos cloroplastídicos, conforme descrito a seguir.

3.2.1.2 Avaliações

- Determinações de sólidos solúveis (SS), acidez titulável (AT) e pH

As amostras para as análises de sólidos solúveis (SS), acidez titulável (AT) e pH foram feitas através da extração do suco celular de talos e folhas com auxílio de centrífuga de frutas. Para o teor de sólidos solúveis (SS) foram colocados duas gotas do suco sobre o prisma do refratômetro portátil, seguido da leitura do índice de refração, expresso em °Brix, a acidez titulável foi feita por titulometria de neutralização, onde foi adicionado a 1 mL do suco 9 mL de água deionizada procedendo-se na sequência a titulação com NaOH (0,1N), o pH foi determinado com pHmetro de bancada devidamente calibrado com soluções tampão, imergindo o potenciômetro na amostra (suco) determinando o pH (IAL, 2008).

- Teores de açúcares solúveis totais (AST)

Os teores de açúcares solúveis totais (AST) foram determinados pelo método fenol-sulfúrico (Dubois *et al.*,1956). As amostras vegetais (folha e talo) de 1 g foram imersas em etanol 80% (65-70°C) até cobrir as amostras e armazenadas a 4°C. O extrato foi obtido através da maceração (em cadinho com pistilo) e filtrada (com papel filtro), seguido de três lavagens com etanol a 80%, sendo o volume das filtragens combinados para todas as amostras. Sempre em triplicata, retirou-se uma amostra de 500 µL do extrato etanólico que foi transferida para tubo falcon de 15 mL com tampa. Em cada tubo adicionou-se 500 µL de fenol a 5% e, em seguida adicionou-se 2,50 mL de ácido sulfúrico concentrado. Em seguida, os tubos foram agitados e levados a banho maria sob

temperatura de 30 °C por 20 minutos. Após o banho maria procedeu-se a leitura das amostras (em cubetas de vidro) em espectrofotômetro com a absorbância em 490 nm. Os valores obtidos foram comparados com a curva padrão de sacarose a 1%. O valor AST quantificado foram inseridos na equação: $\%AST = ((L \times n \times v) / (MF \times MS)) \times 100$ em que: %AST é a porcentagem de açúcares solúveis totais (base MS da amostra); L é a concentração da amostra obtida pela leitura do espectrofotômetro (g.mL^{-1}); n é o número de diluições (caso exista); v é o volume final do extrato bruto (2 ou 10 mL); MF é a massa fresca obtida inicialmente pela amostra composta (1g) e MS é a massa seca obtida anteriormente (não determinada).

- Teor de vitamina C

O teor de vitamina C foi determinado pela adaptação das recomendações do Instituto Adolfo Lutz (2008). As amostras de 5 g de massa fresca da folha e talo foram maceradas em cadinhos com auxílio de pistilo e homogeneizada com 100 mL de água destilada. Em seguida, foi adicionado à mistura 20 mL de ácido sulfúrico (a 20%), filtrando-se posteriormente a solução. Foi adicionado ao filtrado, 1 mL de iodeto de potássio (a 10%) e 5 mL de solução de amido (a 1%), que foi seguido por titulação com solução de iodato de potássio (a 0,01N) até a coloração azul.

- Perda de massa fresca (PMF)

Os maços de caruru, armazenados em temperatura de 9 °C com umidade relativa de $80 \pm 5\%$, foram pesados diariamente. Os resultados foram expressos em porcentagem de perda de massa fresca, e inseridos na equação: $PMF = 100 - ((MF * 100)/MI)$ em que, PMF é a perda de massa fresca (%); MF o massa da matéria fresca final (g); MI o massa da matéria fresca inicial (g).

- Teor de extravasamento de eletrólitos (TLE)

A integridade da membrana foi avaliada por meio da análise de extravasamento de eletrólitos, segundo adaptação da metodologia descrita por Vasquez-Tello *et al.* (1990) e Pimentel *et al.* (2002). Foram coletados, de cada repetição, 15 discos da folha com auxílio de perfurador de metal. Os discos foram lavados previamente com água deionizada e então submersos em 30 mL de água deionizada, em frascos com tampa. Os frascos foram armazenados no escuro por um período de 24 horas em temperatura ambiente. Após o período, foi mensurada a condutividade livre (CL, $\mu\text{S cm}^{-1}$), utilizando

um condutivímetro portátil. Posteriormente, os mesmos frascos foram colocados em estufa por uma hora sob a temperatura de 100 °C e, após o resfriamento em temperatura ambiente, foi medida a condutividade total (CT, $\mu\text{S cm}^{-1}$). Para evitar que houvesse erro nos resultados, o sensor foi lavado entre cada leitura com água deionizada. Para taxa de liberação de eletrólitos foi utilizado a fórmula: $\text{TLE (\%)} = \text{CL/CT} * 100$.

- Teor relativo de água (TRA)

O teor relativo de água (TRA) consistiu na retirada de 15 discos da folha, com auxílio de perfurador de metal de cada repetição, sendo os discos pesados para determinação da massa fresca (MF); em seguida, os discos foram colocados em placas de petri com 10 mL de água destilada e cobertos com papel filtro. Depois de 8 horas os discos foram pesados para determinação da massa túrgida (MT) e em seguida foram secados em estufa à temperatura de 65 °C até atingirem massa constante, para obtenção da massa da matéria seca (MS). O TRA foi obtido com o emprego da equação citada por Weatherley (1950): $\phi = ((\text{MF} - \text{MS}) / (\text{MT} - \text{MS})) * 100$.

- Teor de clorofila

A análise de clorofila foi realizada de acordo com modificações do método descrito por Arnon (1949) Foram coletados do material vegetal três discos, que foram macerados em cadinhos com auxílio de pistilo com acetona a 80%, em presença de carbonato de cálcio (CaCO_3). Após a maceração, procedeu-se à filtragem em papel filtro, que foi lavado com acetona a 80% até retirar a cor verde do macerado. O volume foi combinado para todas as amostras. As leituras no espectrofotômetro foram realizadas nos comprimentos de onda de 663 nm para clorofila *a*, 646 nm para clorofila *b*, 470 nm para carotenoides, 435 e 415 nm para o índice de feofetinação, usando acetona a 80% como branco. Os resultados foram expressos em mg g^{-1} de massa de matéria fresca.

- Estatística

Os dados obtidos foram submetidos a análise de variância e as médias dos tratamentos comparadas pelo teste Scott-Knott a 5% de probabilidade, utilizando o programa estatístico SISVAR.

3.2.2 Experimento 2: Qualidade pós colheita de caruru (*Amaranthus deflexus* L.)

3.2.2.1 Material vegetal

As plantas de caruru (*Amaranthus deflexus* L.), de ocorrência espontânea, foram colhidas entre nove e dez horas da manhã, do dia 30 de maio de 2016, na casa de vegetação da Embrapa Hortaliças em Brasília – DF, tendo como padrão de colheita as hortaliças com folhas sadias sem o início de florescimento. As hortaliças foram armazenadas em caixas de isopor com camada de gelo triturado coberto com folhas de papel toalha, para evitar a queima das folhas, para retirar rapidamente o calor de campo, em seguida as caixas foram vedadas e transportada para o Laboratório de Fitotecnia do Instituto Federal Goiano – Campus Morrinhos.

O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial 5 x 3+1 (cinco tempos de imersão: 0, 5, 10, 15 e 20 minutos, três períodos de avaliação: 0, 1 e 2 dias, e um tratamento controle: sem hidroresfriamento), com quatro repetições. Cada repetição correspondendo a um maço (talos e hastes) de caruru contendo 100 gramas.

No Laboratório, o material vegetal foi selecionado, higienizado e separado em maços. Posteriormente, os maços de caruru foram imediatamente imersos em água (potável) gelada à temperatura de 9 °C como os seguintes tratamentos: T0 – controle sem hidroresfriamento, T1 – hidroresfriamento imediato, T2 – hidroresfriamento por 5 minutos, T3 – hidroresfriamento por 10 minutos, T4 – hidroresfriamento por 15 minutos, T5 – hidroresfriamento por 20 minutos. Após o hidroresfriamento das hortaliças, o excesso de água foi removido com papel toalha e as mesmas acondicionadas em embalagens plásticas perfuradas, e armazenadas em BOD em temperatura de 9 °C com umidade relativa de $80 \pm 5\%$. O tempo entre a colheita e a imposição dos tratamentos foi de aproximadamente 7 horas. A temperatura dos maços de caruru, durante o hidroresfriamento e a vida pós colheita, foi aferida com o auxílio de termômetro infravermelho.

No dia seguinte, às 07 horas iniciaram-se as avaliações, no laboratório de fitotecnia. A qualidade pós colheita de caruru foi determinada diariamente durante 3 dias quanto ao teor de sólidos solúveis, acidez titulável, açúcares solúveis totais, pH, vitamina C, perda de massa, taxa de liberação de eletrólitos, conteúdo relativo de água e pigmentos cloroplastídicos. Os procedimentos de avaliação e a análise estatística foram realizadas conforme descrito no Experimento 1.

3.3 Resultados e Discussão

3.3.1 Experimento 1: Qualidade pós colheita de caruru (*Amaranthus cruentus*)

Folhas de *Amaranthus cruentus* hidrosfriadas, tiveram uma vida útil de 5 dias independente do tempo de imersão, onde a qualidade de consumo foi imposta pelo surgimento do início de murcha nas folhas. De acordo com os resultados (Tabela 1) pode-se observar que o hidrosfriamento altera o teor de acidez titulável, pH, sólidos solúveis e vitamina C.

Tabela 1. Acidez titulável, pH, sólidos solúveis e vitamina C em caruru (*A. cruentus*) hidrosfriados armazenados em câmara BOD sob a temperatura de $9\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$. Morrinhos, Goiás, 2016.

Dias de armazenamento	Acidez titulável (%)	pH	Sólidos solúveis (°Brix)	Vitamina C (mg m/m)
0	0,28±0,06 B	5,99±0,24 A	5,13±0,40 B	4,06±1,11 B
1	0,35±0,08 A	6,02±0,06 A	5,72±0,43 A	3,48±0,82 B
2	0,31±0,05 B	6,14±0,10 A	5,59±0,43 A	5,02±0,72 A
3	0,29±0,04 B	6,21±0,09 B	5,21±0,70 B	4,75±1,34 A
4	0,24±0,04 C	6,17±0,08 B	4,17±0,67 C	4,39±0,76 A

* Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ($p \leq 0,05$).

Ao longo do armazenamento dos maços de caruru observou-se maior média de acidez titulável no segundo dia (0,35%) seguida de uma diminuição dos valores ao longo dos dias de armazenamento. As reduções nos valores de acidez titulável indicam o consumo de ácidos orgânicos como substrato respiratório, pois durante a pós colheita os produtos acumulados durante o ciclo de cultivo passam a ser consumidos em decorrência das taxas respiratórias.

Os valores de pH obtiveram as maiores médias do dia 0 ao dia 2 (5,99, 6,02, 6,14, respectivamente) não diferindo entre si, sendo observado a partir do quarto dia uma redução nos valores de pH. O teor de sólidos solúveis obteve diferenças significativas nos valores, sendo os maiores valores observados no segundo e terceiro dia (5,72 e 5,59 °Brix respectivamente), com uma tendência de queda a partir do quarto dia indicando degradação das reservas metabólicas.

Os teores de vitamina C tiveram aumento expressivo (69,32 %) a partir do terceiro dia de armazenamento indicando que o hidrosfriamento é capaz de manter a qualidade nutricional em folhas de caruru. Sabe-se que diversos fatores afetam a estabilidade do ácido ascórbico durante o armazenamento, incluindo o pH do meio, a

presença de oxigênio e de íons metálicos, e a temperatura (Tarrago-Trani *et al.*, 2012; Spinola *et al.*, 2013).

Na amostra inicial, a taxa de liberação de eletrólitos (TLE) foi de aproximadamente 20% (Tabela 2) e a partir do segundo dia de avaliação até o quarto dia, os valores ficaram em torno de 16%. Ainda houve um ligeiro incremento ao final do período de avaliação. As respostas encontradas no início do armazenamento são em decorrência do armazenamento em BOD, onde a ausência de luz favorece o aumento da taxa respiratória, como consequência, o aumento na taxa de liberação de eletrólitos. A ligeira redução é um indicativo de que as folhas de caruru se adaptaram à condição de armazenamento. E no último dia de avaliação é um indicativo de senescência.

O teor relativo de água das folhas de caruru ficaram em torno de 87% para todos os tratamentos e, portanto não foram observadas diferenças significativas entre o período de armazenamento (Tabela 2). Os teores de açúcares totais não diferiram estatisticamente ao longo do armazenamento (Tabela 2).

Tabela 2. Taxa de liberação de eletrólitos (TLE), conteúdo relativo de água (TRA), açúcares solúveis totais (AST) e perda de massa fresca (PMF) em caruru (*A. cruentus*) armazenados em câmara BOD sob a temperatura de $9\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$, Morrinhos, Goiás, 2016.

Dias de armazenamento	TLE (%)	TRA (%)	AST (%)	PMF (%)
0	19,67±3,21 A	84,33±7,82 A	4,86±1,05 A	0,00±0,00 E
1	16,09±3,74 B	87,02±4,27 A	4,66±1,09 A	0,78±0,31 D
2	15,04±1,31 B	87,68±3,76 A	4,66±1,09 A	1,25±0,74 C
3	15,23±3,28 B	86,79±2,59 A	4,61±1,05 A	2,31±1,20 B
4	16,64±4,23 B	87,99±2,46 A	4,75±1,08 A	2,84±1,11 A

* Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ($p \leq 0,05$).

Ao longo do armazenamento para clorofila *a* (Tabela 3), observou-se no último dia um acréscimo 67,63% dos valores médios. Para o teor de clorofila *b* os valores dos dias de armazenamento 0 e 4 não diferiram entre si, entretanto, no último dia de armazenamento observou-se o maior valor ($9,50\text{ }\mu\text{g cm}^{-2}$) diferindo dos demais. Não houve diferença estatística nos tempos de armazenamento pós colheita na relação clorofila *a/b* e no índice de feofitinação.

Para os carotenoides (Tabela 3) houve diferença significativa observando-se um aumento de 49,38 % no último dia de armazenamento. Apesar de os carotenoides (cor amarela) ser indicativo da degradação da clorofila os teores presentes na amostra, provavelmente, não foram suficientes provocar maior efeito nas enzimas, indicando que

o hidrosfriamento foi capaz de manter os maços mais verdes por um período maior de tempo. Porém, os mesmos se apresentavam visivelmente mais murchos. Já as elevações dos teores de clorofila ao final do período de armazenamento são decorrentes da perda de massa fresca.

Tabela 3. Pigmentos cloroplastídicos: clorofila *a* (Cla), clorofila *b* (Clb), razão clorofila *a*: clorofila *b* (Cla/Clb), carotenoides e índice de feofitinação em caruru (*A. cruentus*) armazenados em câmara BOD sob a temperatura de 9 °C ± 2 °C, Morrinhos, Goiás, 2016.

Dias de armazenamento	Cla (µg cm ⁻²)	Clb (µg cm ⁻²)	Cla/Clb	Carotenoides (µg cm ⁻²)	Índice de feofitinação
0	18,81±5,68 C	6,42±2,09 B	2,98±0,44 A	5,23±1,07 C	1,21±0,13 A
1	24,47±5,49 B	6,88±1,85 B	3,64±0,64 A	8,30±1,92 B	1,18±0,03 A
2	14,53±3,66 D	5,23±2,49 B	3,96±4,50 A	4,27±1,35 C	1,18±0,04 A
3	23,56±5,04 B	6,44±1,93 B	3,91±1,32 A	8,03±1,93 B	1,19±0,02 A
4	27,81±5,24 A	9,50±2,69 A	3,07±0,75 A	10,59±2,11 A	1,18±0,03 A

* Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ($p \leq 0,05$).

Os valores de acidez titulável diferiram entre os tratamentos de hidrosfriamento sendo observado no tratamento por 20 minutos maior média (0,32%). Já o pH teve um aumento em seus teores entre 10 e 20 minutos de imersão. Para os teores de sólidos solúveis os tempos de imersão não diferiram entre si. Os teores de vitamina C não obteve diferença estatística entre os tempos de imersão mas tiveram aumento significativo dos teores a partir do terceiro dia de armazenamento (Tabela 4).

Tabela 4. Acidez titulável, pH, sólidos solúveis e vitamina C em caruru (*A. cruentus*) submetidos ao hidrosfriamento imediato e durante 5, 10, 15 e 20 minutos. Morrinhos, Goiás, 2016.

Tempo de imersão (minutos)	Acidez titulável (%)	pH	Sólidos solúveis (°Brix)	Vitamina C (mg m/m)
Imediato	0,28±0,06 B	6,03±0,25 B	5,24±0,54 A	4,74±1,64 A
5	0,29±0,07 B	6,05±0,07 B	4,96±0,95 A	4,35±1,09 A
10	0,28±0,05 B	6,12±0,13 A	5,11±0,79 A	4,53±0,69 A
15	0,30±0,07 B	6,16±0,10 A	5,35±0,74 A	3,97±0,83 A
20	0,32±0,07 A	6,17±0,10 A	5,16±0,75 A	4,11±0,94 A

* Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ($p \leq 0,05$).

A taxa de liberação de eletrólitos foi maior naqueles maços em imersão imediata (Tabela 5), indicando que o tempo de imersão não foi suficiente para reduzir as taxas metabólicas. Para os maços de caruru hidrosfriados o maior teor relativo de água foi nos maços submetidas a imersão por 20 minutos (89,54%), indicando que este tempo de

imersão com a umidade relativa de 85% e temperatura de 9 °C é capaz de manter a pressão de turgor dos tecidos reduzindo a perda de água (Tabela 5). Segundo Oliveira et al. (2015), a utilização de água gelada no hidrosfriamento, é capaz de retardar a perda de água por permitir a absorção da mesma durante a imersão e também por diminuir o gradiente de pressão de vapor entre o produto e o meio circundante.

Os teores de açúcares solúveis totais não diferiram estatisticamente entres os tempos de imersão imediato, 5, 10, 15 e 20 minutos. França (2011), em estudo sobre duas cultivares de alface ‘Vitórias de Santo Antônio’ e ‘Lucy Brow’, não encontrou efeito significativo do hidrosfriamento e do tempo de armazenamento sobre o teor de açúcares solúveis totais em 5 e 22 °C com e sem hidrosfriamento.

Tabela 5. Taxa de liberação de eletrólitos (TLE), teor relativo de água (TRA), açúcares solúveis totais (AST) e perda de massa fresca (PMF) em caruru (*A. cruentus*) submetidos ao hidrosfriamento imediato e durante 5, 10, 15 e 20 minutos. Morrinhos, Goiás, 2016.

Tempo de imersão (minutos)	TLE (%)	TRA (%)	AST (%)	PMF (%)
Imediato	15,63±3,74 A	85,77±4,01 B	4,76±1,07 A	0,92±0,87 C
5	14,76±2,79 B	86,47±4,09 B	4,57±1,08 A	1,70±1,30 B
10	15,96±3,22 B	86,09±4,35 B	4,47±1,08 A	0,75±0,55 C
15	19,76±4,12 B	85,93±6,04 B	5,08±0,96 A	2,24±1,80 A
20	16,57±2,15 B	89,54±4,03 A	4,66±1,09 A	1,58±1,15 B

* Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ($p \leq 0,05$).

Houve efeito significativo entre os tempos de imersão para clorofila *a* sendo observado as maiores média para os tempos de imersão imediato, 5 e 15 minutos (24,81, 22,29 e 22,98 $\mu\text{g cm}^{-2}$, respectivamente). Para clorofila *b* o hidrosfriamento imediato obteve maior média (8,16 $\mu\text{g cm}^{-2}$).

A síntese de pigmentos cloroplastídicos (Tabela 6) pode ser em decorrência da produção de metabólitos intermediários advindos da atividade respiratória. Os elevados valores de pigmentos cloroplastídicos observados para aqueles maços submetidos ao hidrosfriamento imediato e por 15 minutos indicam que tal tratamento não foi capaz de reduzir o metabolismo respiratório em maços de caruru, culminando com maiores valores de pigmentos.

Não houve efeito significativo entre os tempos de imersão na relação clorofila *a/b*, carotenoides e índice de feofitinação.

Tabela 6. Pigmentos cloroplastídicos: clorofila *a* (Cla), clorofila *b* (Clb), razão clorofila *a*: clorofila *b* (Cla/Clb), carotenoides e índice de feofitinização em caruru (*A. cruentus*) submetidos ao hidrosfriamento imediato e durante 5, 10, 15 e 20 minutos. Morrinhos, Goiás, 2016.

Tempo de imersão (minutos)	Cla ($\mu\text{g cm}^{-2}$)	Clb ($\mu\text{g cm}^{-2}$)	Cla/Clb	Carotenoides ($\mu\text{g cm}^{-2}$)	Índice de feofitinização
Imediato	24,81±4,93 A	8,16±1,55 A	3,09±0,64 A	7,83±2,37 A	1,20±0,13 A
5	22,29±7,23 A	7,18±2,69 B	3,25±1,02 A	7,36±3,68 A	1,18±0,02 A
10	20,02±6,18 B	6,59±2,55 B	3,34±1,40 A	7,02±2,59 A	1,18±0,02 A
15	22,98±6,49 A	6,78±3,14 B	4,42±1,43 A	7,59±2,45 A	1,19±0,02 A
20	19,09±7,93 B	5,78±2,51 B	3,47±0,91 A	6,62±3,03 A	1,19±0,03 A

* Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ($p \leq 0,05$).

3.3.2 Experimento 2: Qualidade pós colheita de caruru (*Amaranthus deflexus* L)

Folhas de *Amaranthus deflexus* L, perante análise visual de qualidade de consumo, tiveram uma vida útil de 3 dias, independente do tempo de imersão. A temperatura dos maços de caruru foi aferida antes e após o hidrosfriamento com o intuito de identificar a eficiência de tal técnica na redução da temperatura das folhas de caruru. Verificou-se que antes da aplicação do hidrosfriamento a temperatura dos maços de caruru foi de até 21 °C e a imersão dos maços em água mantida a 9 °C, levou a uma redução imediata na temperatura de aproximadamente 11 °C (Figura 1).

Nos maços de caruru, a temperatura decresceu de forma semelhante ao longo dos tempos de imersão, com rápida redução de temperatura no início e mantendo comportamento semelhante nos minutos subsequentes. Tal comportamento também foi relatado por Barbosa *et al.* (2015) que observou uma forte queda na temperatura nos primeiros 5 minutos em folhas de ora pro-nóbis imersas em água a $5 \pm 0,5$ °C. O tempo de resfriamento varia proporcionalmente em função do volume do produto da diferença de temperatura entre a hortaliça e o meio refrigerante e da natureza do meio refrigerante, sendo a água, o meio mais eficiente no caso das hortaliças folhosas por envolver toda à superfície do produto (Wills *et al.*, 2004). Sendo as hortaliças geralmente resfriadas por 1,5 a 55 minutos (Teruel *et al.*, 2002),

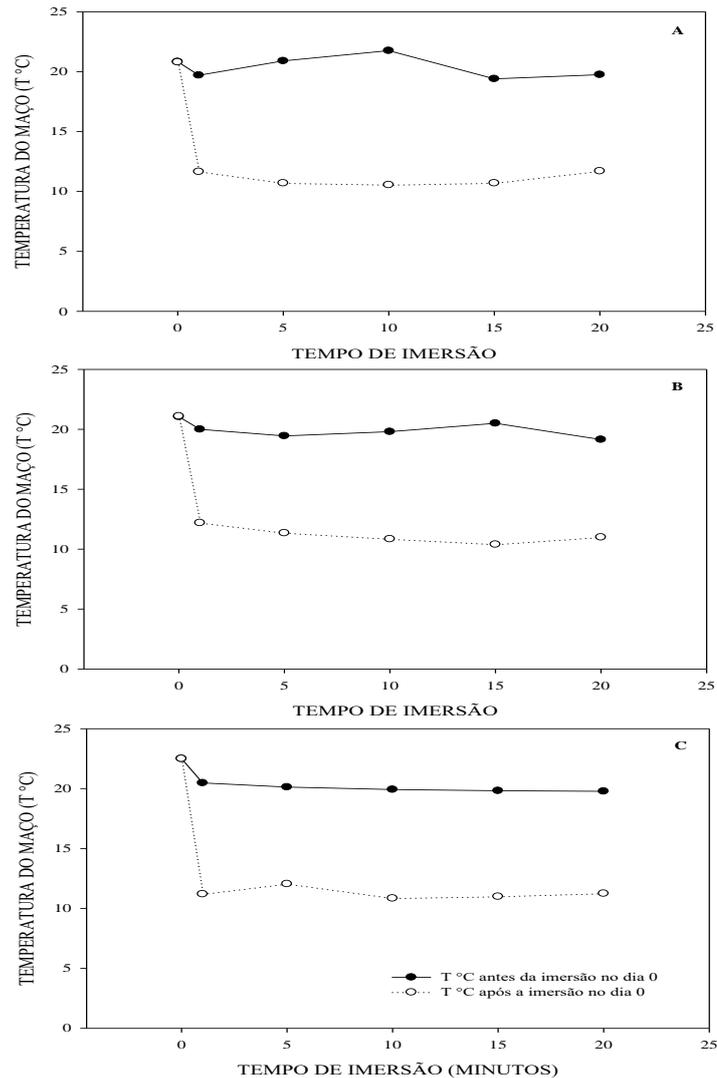


Figura 1. Valores médios das temperaturas do maço do caruru (*A. deflexus* L) em função dos tempos de imersão para cada dia de análise (A – dia 0, B – dia 1, C – dia 2). Os números no eixo X indicam os diferentes tempos de hidroresfriamento, onde 0 - hidroresfriamento imediato; 5 – 5 min.; 10 – 10 min.; 15 – 15 min.; 20 – 20 min.

Para os valores de acidez titulável as amostras de caruru obteve a maior média no primeiro dia de armazenamento (0,086 %) com posterior redução no segundo e terceiro dia (Tabela 1) não sendo observadas diferenças estatísticas indicando consumo de ácidos orgânicos como substrato respiratório. Os valores de pH não diferiram estatisticamente no primeiro e segundo dia sendo observada uma redução nos valores no último dia de armazenamento.

Na amostra inicial obteve-se o maior valor de sólidos solúveis (3,30 °Brix) sendo observada uma queda nos teores a partir do segundo dia como indicativo de degradação das reservas metabólicas dos maços de caruru (Tabela 1).

Para vitamina C (Tabela 1), as amostras demonstraram que o hidrosfriamento associado ao armazenamento em sacos plásticos perfurados em câmara BOD sob a temperatura de $9\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ foi capaz de aumentar os teores de vitamina C ao longo dos dias de armazenamento sendo a menor média observada no primeiro dia (4,78 mg m/m) e a maior média no último dia de armazenamento (6,45 mg m/m). Tal fato pode estar relacionado a perda de massa fresca que também aumentou no último dia.

Tabela 1. Acidez titulável, pH, sólidos solúveis e vitamina C em caruru (*A. deflexus* L) armazenados em câmara BOD sob a temperatura de $9\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$. Morrinhos, Goiás, 2016.

Dias de armazenamento	Acidez titulável (%)	pH	Sólidos solúveis (°Brix)	Vitamina C (mg m/m)
0	0,086±0,037 A	6,23±0,10 A	3,30±0,47 A	4,78±1,48 C
1	0,063±0,015 B	6,23±0,06 A	2,98±0,61 B	5,66±0,73 B
2	0,063±0,008 B	6,19±0,04 B	3,03±0,62 B	6,45±1,73 A

* Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ($p \leq 0,05$).

A maior taxa de liberação de eletrólitos foi observada no último dia de armazenamento dos maços de caruru (20,42%), indicando o armazenamento por um período maior que três dias pode acarretar no extravasamento do conteúdo celular e consequentemente a senescência dos maços de caruru hidrosfriados.

Para o teor relativo de água, o segundo e terceiro dia de armazenamento não diferiram entre se culminando nos maiores valores 92,50 e 92,38 % respectivamente (Tabela 2), indicando que o hidrosfriamento aliado a baixa temperatura de armazenamento ajuda na manutenção do balanço hídrico por maior período. Maior conteúdo relativo de água foi observado, após 24 horas, em folhas de ora pro-nóbis hidrosfriadas em água gelada, devido à absorção de água pelos tecidos foliares (Barbosa *et al.*, 2015).

Para os açúcares solúveis totais houve diferenças significativa apenas no primeiro dia de armazenamento com o menor valor (8,45 %) e ao decorrer do armazenamento, segundo e terceiro dia, foi observado acréscimo dos valores, mas no entanto não diferiram entre se indicando que o hidrosfriamento aliado ao armazenamento a sob a temperatura de $9\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ foi capaz de manter o acúmulo de carboidratos por um período maior de tempo. Gonçalves (2013) relata que o hidrosfriamento em temperatura ambiente e a $5\text{ }^{\circ}\text{C}$ não influenciou de forma consistente a conservação dos teores de carboidratos das espécies de alface, chicória, couve e rúcula.

Para a variável perda de massa, a maior média foi observada no terceiro dia de armazenamento 1,392% (Tabela 2). Oliveira *et al.* (2015), corroboram que em maçãs de coentro conservados a 20°C, a taxa da perda de massa por hora, foi de 0,64% e 0,49%, nos maçãs sem e com hidrosfriamento, respectivamente, e já para os maçãs conservados a 5°C a perda de massa foi de 0,22% e 0,37% por hora para o tratamento sem hidrosfriamento e hidrosfriado, respectivamente.

Tabela 2. Taxa de liberação de eletrólitos (TLE), Teor relativo de água (CRA), açúcares solúveis totais (AST) e perda de massa fresca (PMF) em caruru (*A. deflexus* L) armazenados em câmara BOD sob a temperatura de 9 °C ± 2 °C. Morrinhos, Goiás, 2016.

Dias de armazenamento	TLE (%)	TRA (%)	AST (%)	PMF (%)
0	18,09±3,11 B	89,73±4,61 B	8,45±0,663 B	0,000±0,00 C
1	16,51±1,74 C	92,50±3,44 A	8,75±0,003 A	0,507±0,25 B
2	20,42±3,94 A	92,38±4,71 A	8,75±0,009 A	1,392±1,23 A

* Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ($p \leq 0,05$).

No presente estudo, as amostras foram armazenadas em condições escuras, com o intuito de retardar a síntese de pigmentos cloroplastídicos. Para a clorofila *a*, houve significância para o período de conservação pós colheita, onde no dia inicial, a média foi de 42,40 $\mu\text{g cm}^{-2}$ (Tabela 3) e foi sendo degradada ao longo do armazenamento. A variável clorofila *b* no segundo dia de armazenamento obteve o menor valor (6,59 $\mu\text{g cm}^{-2}$) diferindo do primeiro e segundo dia de armazenamento.

Para a clorofila *a/b*, foram identificados no segundo dia de avaliação de armazenamento os maiores valores de 5,36 (Tabela 3). A cor é atribuída à qualidade dos produtos é um parâmetro críticos para a aceitação pelo consumidor (Saini *et al.*, 2016). A intensidade da cor verde das folhas é atribuída a clorofilas *a* e *b* que facilmente sofrem degradação enzimática durante a armazenagem, sendo convertidas em feofitina *a* e feofitina *b*, respectivamente (Barrett *et al.*, 2010). No entanto, no presente estudo, apesar do conteúdo de clorofila se mostrarem aceitáveis, os maçãs de caruru se apresentavam visivelmente mais murchos, indicando que o teor de clorofila não é viável para prever a qualidade dos maçãs.

O conteúdo de carotenoides obteve diferenças estatísticas ao longo do armazenamento e a maior média (11,41 $\mu\text{g cm}^{-2}$) foi observada na avaliação inicial (Tabela 3).

O índice de feofitinação indica a degradação dos pigmentos cloroplastídicos e no presente estudo o maior valor, 1,31 $\mu\text{g cm}^{-2}$ foi observado no segundo dia de avaliação.

Tabela 3. Pigmentos cloroplastídicos: clorofila *a* (Cla), clorofila *b* (Clb), razão clorofila *a*: clorofila *b* (Cla/Clb), carotenoides e índice de feofitinação em caruru (*A. deflexus* L) armazenados em câmara BOD sob a temperatura de $9\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$. Morrinhos, Goiás, 2016.

Dias de armazenamento	Cla ($\mu\text{g cm}^{-2}$)	Clb ($\mu\text{g cm}^{-2}$)	Cla/Clb	Carotenoides ($\mu\text{g cm}^{-2}$)	Índice de feofitinação
0	42,40 \pm 8,55 A	10,95 \pm 1,85 A	3,93 \pm 0,84 B	11,41 \pm 2,35A	1,26 \pm 0,03 B
1	34,19 \pm 6,59 B	6,59 \pm 1,60 B	5,36 \pm 1,13 A	9,12 \pm 1,74 B	1,31 \pm 0,02 A
2	31,82 \pm 6,77 B	11,84 \pm 6,04 A	3,18 \pm 1,15 B	9,05 \pm 1,72 B	1,27 \pm 0,01 B

* Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ($p \leq 0,05$).

Os valores de acidez titulável foram superiores para os tratamentos controle e imediato, não sendo observadas diferenças estatísticas para os demais tempos de hidrosfriamento (Tabela 4). A variação na acidez titulável para o tratamento controle e imediato indica alterações no metabolismo respiratório, com consequente consumo de ácidos orgânicos como substrato respiratório.

O maior valor de pH (6,28) foi observado para tratamento controle, no entanto, houve uma redução dos valores para os demais tempos de imersão não diferindo estatisticamente entre si (Tabela 4).

Os maiores valores de sólidos solúveis em folhas de caruru foram verificados nos tratamentos controle (3,81 $^{\circ}$ Brix) e hidrosfriamento imediato (3,59 $^{\circ}$ Brix) com uma redução dos valores a partir do tempo de imersão de 5 minutos (Tabela 4). As diferenças observadas entre os tratamentos indicam que o hidrosfriamento de 5 a 20 minutos foi capaz de reduzir o metabolismo em folhas de caruru e como consequência manteve baixo os níveis de sólidos solúveis, em decorrência das menores taxas de degradação.

Para vitamina C, o maior teor foi observado para o tratamento com imersão por 5 minutos (Tabela 4), indicando que o hidrosfriamento por este tempo favoreceu o acúmulo de vitamina C em torno de 7,40 mg % m/m em folhas de caruru. Entretanto, o ácido ascórbico é considerado a vitamina mais sujeita à degradação por exposição ao calor, além de sofrer alterações aceleradas pela presença de oxigênio e pelo pH do meio, entre outras condições, assim, o ácido ascórbico está sujeito a perdas significativas ao longo do armazenamento ou do processamento, (Tarrago-Trani *et al.*, 2012; Spinola *et al.*, 2013). Mas as folhas de caruru hidrosfriadas por 5 minutos demonstrou que o

hidroresfriamento aliado ao armazenamento a 9 °C foi capaz de aumentar consideravelmente o acúmulo de vitamina C na folha.

Tabela 4. Acidez titulável, pH, sólidos solúveis e vitamina C em caruru (*A. deflexus* L) submetidos ao hidroresfriamento imediato e durante 5, 10, 15 e 20 minutos. Morrinhos, Goiás, 2016.

Tempo de imersão (minutos)	Acidez titulável (%)	pH	Sólidos solúveis (°Brix)	Vitamina C (mg m/m)
Controle	0,099±0,041 A	6,28±0,13 A	3,81±0,26 A	5,01±1,67 B
Imediato	0,088±0,025 A	6,20±0,04 B	3,59±0,36 A	5,48±1,67 B
5	0,061±0,008 B	6,19±0,05 B	2,85±0,26 B	7,40±1,77 A
10	0,055±0,008 B	6,20±0,04 B	2,89±0,27 B	5,34±1,02 B
15	0,060±0,006 B	6,22±0,07 B	2,63±0,42 B	5,30±0,74 B
20	0,061±0,004 B	6,19±0,04 B	2,86±0,64 B	5,26±0,72 B

* Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ($p \leq 0,05$).

A maior taxa de liberação de eletrólitos foi observada para o tratamento de 5 minutos de hidroresfriamento, porém não diferiu entre os tratamentos controle e de 20 minutos (Tabela 5). Para estes tratamentos a liberação de eletrólitos indica que o hidroresfriamento por estes períodos de tempo pode ter provocado desnaturação da proteína da membrana celular inativando algumas enzimas e consequentemente ocasionando o extravasamento do conteúdo celular das folhas de caruru indicando a senescência das folhas.

Para teor relativo de água, o tratamento controle e o hidroresfriamento por 5, 10 e 15 minutos foi capaz de manter o conteúdo relativo de água em folhas de caruru em torno de 93 % (Tabela 5) indicando que estes tempos de hidroresfriamento aliado a baixa temperatura de armazenamento ajuda na manutenção do balanço hídrico por maior período, por permitir a absorção de água durante a imersão em água gelada. Já em folhas de alface (Lucy Brown) hidroresfriadas a 5 e a 22 °C, não obtiveram diferença significativa independente da temperatura de armazenamento, de 5 ou 22°C, respectivamente, mas para as folhas de alface ‘Vitória de Santo Antão’ hidroresfriadas armazenadas a 5 °C apresentaram teor relativo de água significativamente maior em relação ao controle sem hidroresfriamento (França, 2011).

Para os teores de açúcares solúveis totais houve diferença significativa apenas para o tempo de imersão de 20 minutos (8,16 %), indicando que a imersão das folhas de caruru em água resfriada por este período estimulou o aumento nas taxas respiratórias e consequentemente o consumo de carboidratos mantendo o teor de água relativamente baixo (Tabela 5). Barbosa *et al.* (2015), observaram os menores teores de açúcares

solúveis totais para as folhas de ora pro-nobis submetidas ao hidrosfriamento com ou sem a utilização de embalagens plásticas perfuradas.

Para a variável perda de massa, os tratamentos 10, 15 e 20 minutos de imersão favoreceram a perda de massa em folhas de caruru em 0,98, 1,07 e 0,72 %, respectivamente (Tabela 5). No entanto, mesmo com a remoção da água após o hidrosfriamento, uma quantidade de água livre deve ter ficado sobre a superfície das folhas. A água livre é mais facilmente desprendida para a atmosfera e assim, superestimando a massa fresca inicial. Diferentemente do tratamento sem hidrosfriamento, em que a perda de massa é decorrente da degradação de tecidos vegetais e que apesar de apresentarem baixa perda de massa fresca se apresentaram visivelmente mais murchas. A redução da temperatura aumenta a conservação por diminuir a diferença de pressão de vapor entre o interior da planta e o meio, reduzindo a perda de água (Wills *et al.*, 2007).

Tabela 5. Taxa de liberação de eletrólitos (TLE), Teor relativo de água (TRA), açúcares solúveis totais (AST) e perda de massa fresca (PMF) em caruru (*A. deflexus* L) submetidos ao hidrosfriamento imediato e durante 5, 10, 15 e 20 minutos. Morrinhos, Goiás, 2016.

Tempo de imersão (minutos)	TLE (%)	TRA (%)	AST (%)	PMF (%)
Controle	19,78±2,66 A	92,00±4,48 A	8,75±0,004 A	0,362±0,34 B
Imediato	16,93±1,53 B	89,15±3,49 B	8,75±0,004 A	0,297±0,23 B
5	20,12±3,69 A	93,41±3,39 A	8,75±0,012 A	0,377±0,34 B
10	16,84±3,99 B	92,96±5,68 A	8,75±0,006 A	0,976±0,30 A
15	16,35±2,08 B	92,68±3,72 A	8,74±0,004 A	1,066±0,53 A
20	20,01±3,87 A	89,00±3,45 B	8,16±0,858 B	0,720±0,69 A

* Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ($p \leq 0,05$).

Para a clorofila *a*, carotenoides e índice de feofitinização não houve diferença significativa entre os tempos de imersão. Já para a clorofila *b* houve diferença estatística apenas no tratamento imediato que apresentou a maior média de 13,74 $\mu\text{g cm}^{-2}$ (Tabela 6). Para o tratamento com hidrosfriamento imediato e 5 minutos verificou-se uma redução de 82,8% na razão clorofila *a/b*, enquanto os demais tratamentos obtiveram médias em torno de 4,41 $\mu\text{g cm}^{-2}$ (Tabela 6). Os resultados encontrados indicam que o hidrosfriamento exerce pequena influência sobre as vias de degradação de pigmentos em folhas de caruru (*Amaranthus deflexus* L.).

Tabela 6. Pigmentos cloroplastídicos: clorofila *a* (Cla), clorofila *b* (Clb), razão clorofila *a*: clorofila *b* (Cla/Clb), carotenoides e índice de feofitinação em caruru (*A. deflexus* L) submetidos ao hidrosfriamento imediato e durante 5, 10, 15 e 20 minutos. Morrinhos, Goiás, 2016.

Tempo de imersão (minutos)	Cla ($\mu\text{g cm}^{-2}$)	Clb ($\mu\text{g cm}^{-2}$)	Cla/Clb	Carotenoides ($\mu\text{g cm}^{-2}$)	Índice de feofitinação
Controle	39,16±9,67 A	9,91±1,98 B	4,10±1,22 A	10,28±2,18 A	1,26±0,014 A
Imediato	34,06±8,99 A	13,74±8,14 A	3,47±1,93 B	9,90±1,54 A	1,28±0,038 A
5	33,77±9,07 A	9,22±2,24 B	3,83±1,21 B	9,15±2,34 A	1,28±0,036 A
10	36,84±9,05 A	9,24±3,69 B	4,52±1,81 A	10,12±3,20 A	1,28±0,039 A
15	37,23±8,59 A	8,36±2,45 B	4,52±0,53 A	10,17±2,43 A	1,29±0,028 A
20	35,76±6,25 A	8,29±2,40 B	4,50±0,94 A	9,52±1,46 A	1,29±0,023 A

* Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ($p \leq 0,05$).

3.4 Conclusão

O hidrosfriamento retardou os processos de degradação da qualidade pós colheita, mas não prolongou a vida de prateleira em maços de caruru.

A vida pós colheita variou entre as espécies. O período de armazenamento sob as condições de 9 °C foi de cinco e três dias para *Amaranthus cruentus* e *Amaranthus deflexus* L, respectivamente

3.5 Referências bibliográficas

- ARNON DI. 1949. Copper enzymes in isolated chloroplasts. Polyphenoloxidase in *Beta vulgaris*. *Plant Physiology* 24, 1-15.
- BARBOSA CKR; FINGER FL; CASALI WD. 2015. Handling and postharvest shelf life of ora-pro-nobis leaves. *Acta Scientiarum Agronomy* 37: n. 3, 307-311.
- BARRETT DM; BEAULIEU JC; SHEWFELT R. 2010. Color, flavor, texture, and nutritional quality of fresh-cut fruits and vegetables: desirable levels, instrumental and sensory measurement, and the effects of processing. *Crit Rev Food Sci Nutr*. 50: 369–389.
- DUBOIS M; GILLES KA; HAMILTON JK; REBBERS PA; SMITH F. 1956. Colorimetric method for determination of sugars and related compounds. *Analytical Chemistry* 28: n.3, 350-356.
- FRANÇA CFM. 2011. *Conservação e qualidade pós-colheita em duas variedades de alface submetidas ao hidrosfriamento*. Universidade Federal de Viçosa - MG. 54p (Dissertação mestrado).
- GONÇALVES SAS. 2013. *Efeito do hidrosfriamento na conservação pós colheita de hortaliças folhosa*. Universidade Federal de Viçosa – MG. 72p (Tese doutorado).
- INSTITUTO ADOLFO LUTZ. 2008. *Métodos físico-químicos para análises de alimentos*. São Paulo: 4ª Ed. 1ª Ed. Digital. 1002p.
- KAYS SJ; PAULL RE. 2004. *Postharvest biology*. Georgia: Exon Press. 568p.
- MADEIRA NR; SILVA PC; BOTREL N; MENDONÇA JLVSGSR; PEDROSA MW. 2013. *Manual de produção de hortaliças tradicionais*. Brasília: Embrapa Hortaliças. 156p.

- OLIVEIRA LS; SILVA TP; FERREIRA APS; PEREIRA AM; FINGER FL. 2015. Efeito do hidrosfriamento na conservação pós-colheita de coentro. *Horticultura Brasileira* 33: 448-452.
- PIMENTEL C; SARR LG; DIOUF O; ABOUD ACS; MACAULEY HR. 2002. Tolerância protoplasmática foliar à seca, em dois genótipos de caupi cultivados em campo. *Revista Universidade Rural Série Ciências da Vida*: n.22, 07-14.
- SAINI RK; SHANG XM; KO EY; CHOI JH; KEUM Y-S. 2016. Stability of carotenoids and tocopherols in ready-to-eat baby-leaf lettuce and salad rocket during low-temperature storage. *International Journal of Food Sciences and Nutrition* 67: n. 5, 489-495
- SCHEER A. 1994. Reducing the water loss of horticultural and arable products during long term storage. *Acta Horticulturae* 368: 511-522.
- SPINOLA V; BERTA B; CÂMARA JS; CASTILHO PC. 2013. Effect of time and temperature on vitamin C stability in horticultural extracts. *Food Science and Technology* 50: n. 2, 489-495.
- TARRAGO-TRANI MT; PHILLIPS KM; COTTY M. 2012. Matrix specific method validation for quantitative analysis of vitamin C in diverse foods. *Journal of Food Composition and Analysis* 26: n. 1-2, 12-25.
- TERUEL BJM; CORTEZ L; NEVES L. 2002. Estudo comparativo de resfriamento de laranja Valência em três sistemas de resfriamento. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental* 5: 481-486.
- VASQUEZ-TELLO A; ZUILY-FODIL Y; PHAM THI AT; VIEIRA SJ. 1990. Electrolyte and Pi leakages and soluble sugar content as physiological tests for screening resistance to water stress in Phaseolus and Vigna species. *Journal of Experimental Botany* 41: 827-832.
- VIANA MMS; CARLOS LA; SILVA EC; PEREIRA SMF; OLIVEIRA DB; ASSIS MLV. 2015. Composição fitoquímica e potencial antioxidante em hortaliças não convencionais. *Horticultura Brasileira* 33: 504-509.
- WEATHERLEY PE. 1950. Studies in the water relation of cotton plant. In: The field measurement of water deficit in leaves. *New Phytology* 49: n. 1, 81-97.
- WHEELER EL; BECKER R; LORENZ K; STAFFORD AE; GROSJEAN OK; BETSCHART AA; SAUNDERS RM. 2006. A composition study of amaranth grain. *Journal of Food Science* 46: 3630-3634.
- WILLS R; McGLASSOM B; GRAHAM D; JOYCE D. 2007. *Postharvest: an introduction to the physiology and handling of fruit, vegetables and ornamentals*. New York: CAB International. 252.
- WILLS R; McGLASSOM B; GRAHAM D; JOYCE D. 2004. *Postharvest: an introduction to the physiology and handling of fruit, vegetables and ornamentals*. New South Wales University Press -. Wallingford 4: 262.
- WILLS R; McGLASSOM B; GRAHAM D; JOYCE D. 1998. *Postharvest: an introduction to the physiology and handling of fruit, vegetables and ornamentals*. New York: CAB International 4 ed.

4. CONCLUSÃO GERAL

Experimento 1: Qualidade pós colheita de caruru (*Amaranthus cruentus*)

- Os teores de acidez titulável, pH e sólidos solúveis reduziram ao longo dos dias de armazenamento indicando o consumo de produtos acumulados em decorrência das taxas respiratórias.
- O hidrorresfriamento foi capaz de manter a qualidade nutricional em folhas de caruru com um aumento expressivo do conteúdo de vitamina C.
- A taxa de extravasamento de eletrólitos indicou senescências dos maços no último dia de armazenamento, no entanto, os maços de caruru em imersão imediata não foi suficiente para reduzir as taxas metabólicas.
- Os maços de caruru hidrorresfriados por 20 minutos foi capaz de manter a pressão de turgor dos tecidos reduzindo a perda de água.
- O hidrorresfriamento foi capaz de manter os maços mais verdes por um período maior de tempo, porém, os mesmos se apresentavam visivelmente mais murchos e os maços submetidos ao hidrorresfriamento imediato e por 15 minutos indicaram que tal tratamento não foi capaz de reduzir o metabolismo respiratório em maços de caruru, culminado com maiores valores de pigmentos.

Experimento 2: Qualidade pós colheita de caruru (*Amaranthus deflexus* L)

- Nos maços de caruru, a temperatura decresceu de forma semelhante ao longo dos tempos de imersão, com rápida redução de temperatura no início e mantiveram comportamento semelhante nos minutos subsequentes.

- Nos dois últimos dias de armazenamento os maços de caruru indicaram consumo de ácidos orgânicos como substrato respiratório além de degradação das reservas metabólicas.
- O hidrosfriamento de 5 a 20 minutos foi capaz de reduzir o metabolismo em folhas de caruru e como consequência manteve baixo os níveis de sólidos solúveis, em decorrência das menores taxas de degradação.
- As amostras demonstraram que o hidrosfriamento associado ao armazenamento em sacos plásticos perfurados em câmara BOD sob a temperatura de $9\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ foi capaz de aumentar os teores de vitamina C ao longo dos dias de armazenamento, sendo o maior teor observado para o tratamento com imersão por 5 minutos indicando que o hidrosfriamento por este tempo favoreceu o acúmulo de vitamina C em folhas de caruru.
- A taxa de liberação de eletrólitos indicou que o armazenamento por um período maior que três dias pode acarretar no extravasamento do conteúdo celular e consequentemente a senescência dos maços de caruru hidrosfriados.
- Os valores encontrados para o teor relativo de água, indicaram que o hidrosfriamento aliado a baixa temperatura de armazenamento ajuda na manutenção do balanço hídrico por maior período e mantém o acúmulo de carboidratos por um período maior de tempo, sendo o tratamento controle e os hidrosfriamento por 5, 10 e 15 minutos capaz de manter o conteúdo relativo de água em folhas de caruru em torno de 93 %.
- Os tratamentos de 10, 15 e 20 minutos de imersão favoreceram a perda de massa em folhas de caruru.
- A imersão das folhas de caruru em água resfriada por 20 minutos estimulou o aumento nas taxas respiratórias e consequentemente o consumo de carboidratos mantendo o teor de água relativamente baixo.
- O conteúdo de clorofila nos maços de caruru se mostram aceitáveis, no entanto os maços se apresentavam visivelmente mais murchos, indicando exerce pequena influência sobre as vias de degradação de pigmentos em folhas de caruru.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGUILA JS del; HOFMAN P; CAMPBELL T; MARQUES JR; AGUILA LSH del; KLUGE RA. 2009. Pré-resfriamento em água de lichia “B3” mantida em armazenamento refrigerado. *Revista Ciência Rural* 39: n. 8, 2373-2379.
- ARNON DI. 1949. Copper enzymes in isolated chloroplasts. Polyphenoloxidase in *Beta vulgaris*. *Plant Physiology* 24, 1-15.
- BARROS JCSM; GOES A; MINAMI K. 1994. Condições de conservação pós-colheita de frutos de pimentão (*Capsicum annum* L.). *Scientia Agricola* 51: 363-368.
- BARBOSA CKR; FINGER FL; CASALI WD. 2015. Handling and postharvest shelf life of ora-pro-nobis leaves. *Acta Scientiarum Agronomy* 37: n. 3, 307-311.
- BARRETT DM; BEAULIEU JC; SHEWFELT R. 2010. Color, flavor, texture, and nutritional quality of fresh-cut fruits and vegetables: desirable levels, instrumental and sensory measurement, and the effects of processing. *Crit Rev Food Sci Nutr.* 50: 369–389.
- BECKER BR; FRICKE BA. 2002. Hydrocooling time estimation methods. *International Communications in Heat and Mass Transfer* 29: n. 2, 165-174.
- BRASIL. 2010. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. *Manual de hortaliças não-convencionais*. Brasília: Mapa/ACS, 92p.
- BROSNAN T; SUN DA-WEN. 2001. Precooling techniques and applications for horticultural products – a review. *International Journal of Refrigeration* 24: 154-170.
- CHITARRA MIF; CHITARRA AB. 2005. *Pós-colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manuseio*. Lavras: UFLA, 2 ed., 785p.
- DUBOIS M; GILLES KA; HAMILTON JK; REBBERS PA; SMITH F. 1956. Colorimetric method for determination of sugars and related compounds. *Analytical Chemistry* 28: n.3, 350-356.
- FERREIRA APS. 2009. *Conservação pós colheita do jiló em embalagens ativas*. Viçosa: UFV. 36p (Tese doutorado).
- FINGER FL; VIEIRA G. 1997. *Controle da perda pós-colheita de água em produtos hortícolas*. Viçosa: UFV. 29p (caderno didático).
- FRANÇA CFM. 2011. *Conservação e qualidade pós-colheita em duas variedades de alface submetidas ao hidrorresfriamento*. Viçosa: UFV. 54 p (Dissertação mestrado).
- GONÇALVES SAS. 2013. *Efeito do hidrorresfriamento na conservação pós colheita de hortaliças folhosa*. Viçosa: UFV. 72p (Tese doutorado).

- INSTITUTO ADOLFO LUTZ. 2008. *Métodos físico-químicos para análises de alimentos*. São Paulo: 4ª Ed. 1ª Ed. Digital. 1002p.
- KINIPP FV. 2007. *Plantas alimentícias não convencionais da região metropolitana de Porto Alegre, RS*. Porto Alegre: – UFRGS. 562p (Tese doutorado).
- KADER AA. 2002. *Postharvest technology of horticultural crops*. University California, 3 ed. 535 p.
- KAYS SJ; PAULL RE. 2004. *Postharvest biology*. Georgia: Exon Press. 568p.
- KAYS SJ. 1991. *Postharvest physiology of perishable plant products*. New York: Na Avi Book. 532p.
- 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*. Manuscript FP 04 003.
- LANA MM; NASCIMENTO EF; MELO MF. 1998. *Manipulação e comercialização de hortaliças*. Brasília: Embrapa. 41p.
- LAURIN É; NUNES MCN; BRECH JK; ÉMOND JP. 2005. Vapor pressure deficit and water loss patterns during simulated air shipment and storage of beit alpha cucumbers. *Acta Horticulturae* 682: 1697 – 1703.
- LUENGO RFA; HENZ GP; MORETTI CL; CALDO AG. 2007. *Pós colheita de hortaliças*. Brasília: Embrapa. 100 p.
- MADEIRA NR; SILVA PC; BOTREL N; MENDONÇA JLVSGSR; PEDROSA MW. 2013. *Manual de produção de hortaliças tradicionais*. Brasília: Embrapa Hortaliças. 156p.
- MENDOZA RAM; LOPES NF. 2007. *Fisiologia vegetal: fotossíntese, respiração, relações hídricas e nutrição mineral*. Viçosa: UFV 2 ed.
- OLIVEIRA LS; SILVA TP; FERREIRA APS; PEREIRA AM; FINGER FL. 2015. Efeito do hidrosfriamento na conservação pós-colheita de coentro. *Horticultura Brasileira* 33: 448-452.
- PIMENTEL C; SARR LG; DIOUF O; ABOUD ACS; MACAULEY HR. 2002. Tolerância protoplasmática foliar à seca, em dois genótipos de caupi cultivados em campo. *Revista Universidade Rural Série Ciências da Vida*: n.22, 07-14.
- SAINI RK; SHANG XM; KO EY; CHOI JH; KEUM Y-S. 2016. Stability of carotenoids and tocopherols in ready-to-eat baby-leaf lettuce and salad rocket during low-temperature storage. *International Journal of Food Sciences and Nutrition* 67: n. 5, 489–495
- SCHEER A. 1994. Reducing the water loss of horticultural and arable products during long term storage. *Acta Horticulturae* 368: 511-522.
- SPEHAR CR; TEIXEIRA DL; CABEZAS WARL; ERASMO EAL. 2003. Amarantho BRS Alegria – alternativa para diversificar os sistemas de produção. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 38: n. 5, 659-663.
- SPEHAR CR; TEIXEIRA DL. 2002. *Diferenças entre o pseudocereal amarantho e espécies de plantas daninha, Amaranthaceae*. Planaltina: Embrapa. (Comunicado Técnico 69).
- SPINOLA V; BERTA B; CÂMARA JS; CASTILHO PC. 2013. Effect of time and temperature on vitamin C stability in horticultural extracts. *Food Science and Technology* 50: n. 2, 489-495.
- TAIZ L; ZEIGER E. 2013. *Fisiologia vegetal*. Porto Alegre: Artmed. 849p.

- TARRAGO-TRANI MT; PHILLIPS KM; COTTY M. 2012. Matrix specific method validation for quantitative analysis of vitamin C in diverse foods. *Journal of Food Composition and Analysis* 26: n. 1-2, 12-25.
- TERUEL BJM. 2008. Tecnologias de resfriamento de frutas e hortaliças. *Revista Brasileira Agrociência* 14: n. 2, 199-220.
- TERUEL BJM; KIECKBUSCH T; CORTEZ L. 2004. Cooling parameters for fruits and vegetables of different sizes in a hydrocooling system. *Scientia Agricola* 61: n. 6, 655-658.
- TERUEL BJM; CORTEZ L; NEVES L. 2002. Estudo comparativo de resfriamento de laranja Valência em três sistemas de resfriamento. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental* 5: 481-486.
- VASQUEZ-TELLO A; ZUILY-FODIL Y; PHAM THI AT; VIEIRA SJ. 1990. Electrolyte and Pi leakages and soluble sugar content as physiological tests for screening resistance to water stress in Phaseolus and Vigna species. *Journal of Experimental Botany* 41: 827-832.
- VIANA MMS; CARLOS LA; SILVA EC; PEREIRA SMF; OLIVEIRA DB; ASSIS MLV. 2015. Composição fitoquímica e potencial antioxidante em hortaliças não convencionais. *Horticultura Brasileira* 33: 504-509.
- WEATHERLEY PE. 1950. Studies in the water relation of cotton plant. In: The field measurement of water deficit in leaves. *New Phytology* 49: n. 1, 81-97.
- WHEELER EL; BECKER R; LORENZ K; STAFFORD AE; GROSJEAN OK; BETSCHART AA; SAUNDERS RM. 2006. A composition study of amaranth grain. *Journal of Food Science* 46: 3630-3634.
- WILLS R; McGLASSOM B; GRAHAM D; JOYCE D. 2007. *Postharvest: an introduction to the physiology and handling of fruit, vegetables and ornamentals*. New York: CAB International. 252.
- WILLS R; McGLASSOM B; GRAHAM D; JOYCE D. 2004. *Postharvest: an introduction to the physiology and handling of fruit, vegetables and ornamentals*. New South Wales University Press -. Wallingford 4: 262.
- WILLS R; McGLASSOM B; GRAHAM D; JOYCE D. 1998. *Postharvest: an introduction to the physiology and handling of fruit, vegetables and ornamentals*. New York: CAB International 4 ed.
- ZURLO C; BRANDÃO M. 1990. *As ervas comestíveis: descrição, ilustração e receitas*. São Paulo: Globo, 2 ed.