

CHRISTIANE DE FÁTIMA MARTINS FRANÇA

**CONSERVAÇÃO E QUALIDADE PÓS-COLHEITA EM DUAS  
VARIEDADES DE ALFACE SUBMETIDAS AO  
HIDRORESFRIAMENTO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

VIÇOSA  
MINAS GERAIS – BRASIL  
2011

**Ficha catalográfica preparada pela Seção de Catalogação e  
Classificação da Biblioteca Central da UFV**

T

F814c  
2011

França, Christiane de Fátima Martins, 1984-  
Conservação e qualidade pós-colheita em duas variedades  
de alface submetidas ao hidrosfriamento / Christiane de  
Fátima Martins França. – Viçosa, MG, 2011.  
vii, 44f. : il. (algumas col.) ; 29cm.

Inclui anexos.

Orientador: Fernando Luiz Finger.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.

Referências bibliográficas: f. 38-41.

1. Alface - Conservação. 2. Alface - Fisiologia pós-colheita.  
3. Alface - Resfriamento. 4. Alface - Armazenamento.  
I. Universidade Federal de Viçosa. II. Título.

CDD 22. ed. 635.52

CHRISTIANE DE FÁTIMA MARTINS FRANÇA

**CONSERVAÇÃO E QUALIDADE PÓS-COLHEITA EM DUAS  
VARIEDADES DE ALFACE SUBMETIDAS AO  
HIDRORESFRIAMENTO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

APROVADA: 16 de julho de 2011



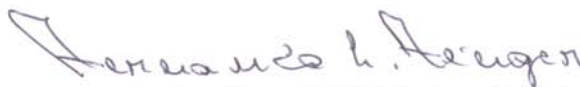
Dra. Daniela Vieira Chaves



Prof. Evaldo Ferreira Vilela



Prof. Raimundo dos Santos Barros



Prof. Fernando Luiz Finger  
(Orientador)

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus, pelas enormes benções recebidas.

À minha mãe, que sempre torceu pelo meu sucesso. Agradeço especialmente, a meu padrinho Mário Lúcio, pois sem ele eu não teria chegado até aqui.

À Universidade Federal de Viçosa, em particular ao Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, pela acolhida, e ao CNPq, pela concessão da bolsa de estudo.

Ao meu orientador, Professor Fernando Luiz Finger, pela oportunidade de realizar o trabalho e por toda disponibilidade em orientar, além dos valiosos conselhos.

Aos funcionários, em especial ao Geraldo, Sebastião, Paulo e Joelson da Horta, pelo apoio na realização das pesquisas.

Ao Professor Mário Puiatti pela co-orientação e amizade.

Ao Professor Paulo Roberto Cecon e à Professora Elizanilda, pela providencial ajuda nas análises estatísticas, pela atenção e boa vontade.

Às colegas do laboratório de pós-colheita, pelo convívio dia após dia de trabalho. Em especial à Ju, Fernanda, Paty, Jana e Dani pela amizade.

Aos estagiários, Danilo, Wellington e Lucas, pela ajuda nas avaliações dos experimentos.

À minha amiga Kelem pela motivação em seguir em frente.

Ao amigo Evaldo Vilela pela força, amizade, e pelos valiosos conselhos durante toda graduação e pós-graduação.

O meu sincero reconhecimento e a minha gratidão a todos que, direta ou indiretamente, deram a sua contribuição para a realização deste trabalho.

## **BIOGRAFIA**

Christiane de Fátima Martins França, filha de Márcia Mariza Martins, nasceu em Sete Lagoas, Minas Gerais, no dia 13 de maio de 1984.

Em julho de 2009, graduou-se em Agronomia pela Universidade Federal de Viçosa, em Viçosa, MG.

Em agosto de 2009, iniciou o curso de Mestrado no Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia pela Universidade Federal de Viçosa, submetendo-se à defesa da dissertação em julho de 2011.

## SUMÁRIO

RESUMO.....	vi
ABSTRACT.....	vii
1. INTRODUÇÃO GERAL.....	1
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	2
2.1- Aspectos gerais da cultura.....	2
2.2- Conservação pós-colheita.....	4
2.3- Pré-resfriamento.....	5
2.4- Qualidade das hortaliças folhosas.....	6
2.4.1- Senescência e desverdecimento das folhas.....	7
2.4.2- Perda de água.....	8
3. OBJETIVO.....	9
4. MATERIAL E MÉTODOS.....	9
4.1- Material vegetal.....	9
4.2- Vida de prateleira.....	11
4.3- Perda de massa fresca.....	11
4.4- Clorofila.....	11
4.5- Teor relativo de água.....	12
4.6- Teor de açúcares solúveis totais.....	13
4.7- Teor de açúcares redutores e não redutores.....	14
4.8- Teor de amido.....	14
4.9- Análises estatísticas.....	15
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	16
5.1-Variedade ‘Lucy Brown’.....	16
5.1.1- Tempo de pré-resfriamento.....	16
5.1.2- Perda de massa fresca e vida de prateleira.....	17

5.1.3- Clorofila.....	23
5.1.4- Teor relativo de água.....	24
5.1.5- Teor de açúcares solúveis totais, redutores, não redutores e amido	25
5.2- Variedade ‘Vitória de Santo Antão’ .....	28
5.2.1- Tempo de pré-resfriamento.....	28
5.2.2- Perda de massa fresca e vida de prateleira.....	29
5.2.3- Clorofila.....	33
5.2.4- Teor relativo de água.....	34
5.2.5- Teor de açúcares solúveis totais, redutores, não redutores e amido	35
6. CONCLUSÕES.....	37
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	38
ANEXOS.....	42

## RESUMO

FRANÇA, Christiane de Fátima Martins, M. Sc., Universidade Federal de Viçosa, julho de 2011. **Conservação e qualidade pós-colheita em duas variedades de alface submetidas ao hidrosfriamento.** Orientador: Fernando Luiz Finger. Co-orientadores: Mário Puiatti e Paulo Roberto Cecon

A alface é uma hortaliça folhosa altamente suscetível à perda de água, o que reduz sua vida de prateleira e aumenta o custo final para o consumidor. O objetivo desse trabalho foi avaliar o efeito do hidrosfriamento, como técnica de pré-resfriamento, na conservação pós-colheita de duas cultivares de alface, a ‘Vitoria-de-Santo-Antão’ do tipo solta lisa e a ‘Lucy Brown’ do tipo repolhuda crespa, armazenadas a 5 e 22°C, revestidas com sacos plásticos de polietileno perfurado em caixas de colheita. O hidrosfriamento foi realizado por imersão das cabeças em uma mistura de água com gelo a 4°C (1:3 v/v). Avaliou-se a vida de prateleira, a perda de massa das folhas frescas, teor de clorofila, teor relativo de água, teores de açúcares solúveis totais, açúcares redutores, açúcares não redutores e teor de amido. O hidrosfriamento foi efetivo em retardar o murchamento das folhas a 5 e 22°C, promovendo maior vida de prateleira nas duas cultivares testadas. O hidrosfriamento aliado ao armazenamento à temperatura de 5°C manteve o balanço hídrico das folhas, deixando-as hidratadas durante o armazenamento, promovendo maior período de comercialização do produto. Não houve efeito do hidrosfriamento nos teores de açúcares solúveis totais, redutores, não redutores e amido em nenhuma das temperaturas de armazenamento para as variedades estudadas. Nas ‘Lucy Brown’ a aplicação do hidrosfriamento resultou em um efeito de diluição no teor de clorofila total das folhas no período de análise, porém alterações visíveis na cor não foram detectadas. Na ‘Vitória de Santo Antão’ não houve efeito dos tratamentos e do tempo de armazenamento sob o teor de clorofila total das folhas. O hidrosfriamento a 4°C durante 10 minutos em alfaces do tipo repolhuda crespa, e durante 5 minutos em alfaces do tipo solta lisa, seguido de armazenamento a 5°C é uma técnica eficiente em manter o balanço hídrico das folhas e em promover maior vida de prateleira das alfaces.

## ABSTRACT

FRANÇA, Christiane de Fátima Martins, M. Sc., Universidade Federal de Viçosa, July, 2011. **Conservation and postharvest quality of two varieties of lettuce submitted to hydrocooling.** Adviser: Fernando Luiz Finger. Co-advisers: Mário Puiatti and Paulo Roberto Cecon

Lettuce is a leafy vegetable highly susceptible to water loss, which reduces its shelf life and increases the final cost to the consumer. The aim of this study was to evaluate the effect of hydrocooling as the technique of pre-cooling, on the postharvest conservation of two cultivars of lettuce, ‘Vitória de Santo Antão’ type loose-smooth and the ‘Lucy Brown’ type curly cabbage, stored at 5 and 22° C, coated with polyethylene perforated plastic bags in boxes of harvest. The hydrocooling was performed by immersing the heads in a mixture of ice and water at 4°C (1:3v/v). It was evaluated the shelf life, the weight loss of fresh leaves, chlorophyll content, relative water content, total soluble sugars, reducing sugars, non-reducing sugars and starch. The hydrocooling was effective in slowing down the wilting of the leaves through storage at 5 and 22° C, promoting longer shelf life in both tested cultivars. The hydrocooling combined with storage at 5° C maintained the water balance of the leaves, keeping them hydrated during storage, and providing greater marketing period for the product. There was no effect of hydrocooling in levels of total soluble sugars, reducing, non-reducing and starch in any period of storage and temperatures for the varieties studied. In the ‘Lucy Brown’ the application of hydrocooling resulted in a dilution effect on total chlorophyll content of leaves in the analysis, but no visible changes in color was detected. In the ‘Vitória de Santo Antão’ there was no effect of treatments and storage time on the total chlorophyll content of the leaves. The hydrocooling at 4° C for 10 minutes in the type lettuce curly cabbage and for 5 minutes in the type lettuce loose-smooth, followed by storage of 5° C is an effective technique to maintain the water balance of leaves and to promoter longer shelf life of lettuce.

## 1. INTRODUÇÃO GERAL

O Brasil é um grande produtor de hortaliças e, segundo o IBGE (2009), no ano de 2008, a produção total foi de 19,3 milhões de toneladas, em uma área plantada de aproximadamente 808. 000 ha.

A alface (*Lactuca sativa* L.) é uma hortaliça de clima temperado, pertencente à família Asteracea. Devido a sua importância alimentar como fontes de vitaminas e sais minerais, destaca-se entre as hortaliças folhosas mais consumidas em todo mundo (SANTI et al., 2010).

Hortaliças folhosas são altamente suscetíveis à perda de água, o que pode ser intensificado por manejo inadequado da temperatura e da umidade do ar nos locais de armazenamento e comercialização, com redução da vida de prateleira e aumento do custo final do produto para o consumidor (ÁLVARES et al., 2007). A perda de água por transpiração determina, em grande medida, as perdas quantitativas e qualitativas em geral dos produtos hortícolas (FINGER e VIEIRA, 1997; FINGER et al., 2008).

As perdas dos produtos de origem vegetal começam na ocasião da colheita, prosseguem na preparação para o mercado, no transporte, armazenamento, nas vendas no atacado e varejo, chegando até o consumidor final (PAULL et al., 1997). As perdas pós-colheita de hortaliças no Brasil estão próximas a 35%, enquanto que a estimativa dessas perdas para outros países como os EUA, não ultrapassam 10%. (VILELA et al., 2003).

Produtos hortícolas frescos, após a colheita, passam por um período expostos à temperatura ambiente, onde serão embalados e posteriormente transportados para os locais de venda. Nesse tempo, esses produtos podem estar sujeitos a condições de estresse que resultam em menor vida de prateleira. Segundo LILL et al. (1990), em aspargos, a maioria das alterações fisiológicas, bioquímicas e moleculares ocorrem nas três primeiras horas após a colheita. É necessário, portanto, que seja feito um rápido resfriamento desses produtos logo após a colheita, como forma de reduzir a atividade metabólica, reduzindo assim a taxa de deterioração (GILLIES e TOIVONEN, 1995).

A utilização do pré-resfriamento tem se mostrado eficaz no aumento da conservação pós-colheita de diversos produtos hortícolas. TOIVONEN (1997) observou que com a utilização do pré-resfriamento na conservação de brócolis, as cabeças se mantinham firmes por um período maior de tempo a 1°C. O pré-resfriamento com água fria também gerou efeitos benéficos para a vida de prateleira de folhas de salsa,

proporcionando a manutenção de um maior teor de água nas folhas durante o armazenamento refrigerado e a redução da perda de massa fresca (ÁLVARES et al., 2007). Contudo, para alface, não se tem informação acerca do efeito do hidrosfriamento na duração das folhas e das alterações fisiológicas durante seu armazenamento.

## **2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1-Aspectos gerais da cultura**

A alface (*Lactuca sativa* L.) é uma planta de clima temperado, dicotiledônea, herbácea, pertencente à família Asteracea (Compositae), originária da Bacia Ocidental do Mediterrâneo. É consumida *in natura* durante a sua fase vegetativa, sendo amplamente utilizada na culinária para o preparo de saladas. Essa hortaliça é boa fonte de vitaminas e sais minerais, destacando-se seu elevado teor de vitamina A (LOPES et al., 2003). É a hortaliça folhosa de maior importância no Brasil, tanto para o comércio quanto para o consumo, por sua facilidade de aquisição e produção durante o ano inteiro (OLIVEIRA et al., 2004). Por ser um produto altamente perecível durante a vida pós-colheita, e devido ao seu alto teor de água, geralmente é produzida nos chamados “cinturões verdes” próximos a grandes centros consumidores (SANTOS et al., 2001). Os grupos de alface apresentam grande diversidade nas características morfológicas e fisiológicas, sendo, portanto, importante definir os tipos de alfases existentes, uma vez que essas características determinam grandes diferenças na conservação pós-colheita e conseqüentemente nos aspectos de manuseio (HENZ e SUINAGA, 2009).

Até a década de 80 o mercado consumidor dava preferência às alfases do tipo lisa, porém, nos últimos tempos, houve uma mudança de segmento da alface lisa para a crespa, que corresponde atualmente a 70% do mercado. O segmento que corresponde ao tipo “americana” detém 15%, lisa 10%, e os outros tipos (romana, mimosa, vermelha, etc.) somam 5% do mercado (SALA e COSTA, 2005).

Segundo HENZ e SUINAGA (2009), atualmente estão disponíveis no mercado brasileiro, cultivares agrupadas em cinco tipos morfológicos principais com base na formação de cabeça e tipos de folhas:

- **Repolhuda lisa**, que apresenta folhas lisas, delicadas e macias, com nervuras pouco salientes, com aspecto oleoso (“manteiga”) formando cabeça típica e compacta. (Cultivares ‘Áurea’, ‘Aurélia’, ‘Aurora’, ‘Babá de Verão’, ‘Boston Branca’, ‘Brasil 202’, ‘Brasil 303’, ‘Carla’, ‘Carolina AG 576’, ‘Crioula Branca’, ‘Elisa’, ‘Floresta’, ‘Glória’, ‘Kagraner de Verão’, ‘Karina’, ‘Lívia’, ‘Luisa’, ‘Marina’, ‘Maravilha de Inverno’, ‘Maravilha de Verão’, ‘Minie’, ‘Piracicaba 65’, ‘Rainha de Maio’)
- **Repolhuda crespa ou Americana**, que apresentam folhas crespas, crocantes e consistentes, cabeça grande e compacta (Cultivares ‘América Delícia’, ‘Bounty Empire’, ‘Crespa Repolhuda’, ‘Grandes Lagos’, ‘Great Lakes’, ‘Great Lakes 659-700’, ‘Hanson’, ‘Iara’, ‘Lorca’, ‘Lucy Brown’, ‘Madona AG 605’, ‘Mesa 659’, ‘Nabuco’, ‘Raider’, ‘Salinas’, ‘Summertime’, ‘Tainá’)
- **Solta lisa**, que apresenta folhas lisas e soltas, delicadas, e sem formação de cabeça compacta. (Cultivares ‘Babá’, ‘Babá de Verão’, ‘Monalisa AG 819’, ‘Regina’, ‘Regina 71’, ‘Regina 440’, ‘Regina 579’, ‘Regina de Verão’, ‘Vitória de Verão’)
- **Solta crespa**: folhas grandes e crespas, textura macia, consistente, sem formação de cabeça, com coloração verde ou roxa. (Cultivares ‘Black Seeded Simpson’, ‘Brisa’, ‘Elba’, ‘Grand Rapids’, ‘Grand Rapids Nacional’, ‘Grand Rapids TBR’, ‘Grande Rápida’, ‘Hortência’, ‘Itapuã 401’, ‘Marianne’, ‘Marisa AG 216’, ‘Mimosa (Salad Bowl)’, ‘Salad Bowl’, ‘Simpson’, ‘Vanessa’, ‘Verônica’, ‘Vera (AF-470)’). **Crespa roxa**: (Cultivares ‘Maravilha Quatro Estações’, ‘Mimosa Vermelha’, ‘Quatro Estações’, ‘Rossimo’, ‘Salad Bowl Roxa’, ‘Veneza Roxa’, ‘Vermelha Ruby’)
- **Romana**, de folhas tipicamente alongadas, duras, com nervuras claras, cabeça fofa e alongada na forma de cone. (Cultivares ‘Branca de Paris’, ‘Ideal Cos’, ‘Romana Balão’)

A alface conhecida como “Americana”, além de ser consumida *in natura*, também é amplamente utilizada pela indústria de processamento mínimo por suportar melhor o processamento, e nas redes de “fast-foods”, como ingredientes de lanches rápidos por sua crocância, sabor, e por sua textura mais resistente ao calor, quando comparada com as outras cultivares, dificultando o murchamento. Portanto, essa alface

também apresenta melhor conservação pós-colheita e mais resistência ao transporte e manuseio.

O mercado de alface roxa tem crescido nos últimos tempos e ela tem sido muito utilizada no preparo de saladas mistas (*mix salad*), uma mistura de diferentes tipos de folhosas, conferindo maior atratividade para o consumidor e podendo ser um atrativo para o consumo infantil (SALA e COSTA, 2005).

Um dos principais fatores que podem influenciar na produção e até mesmo na arquitetura, peso e qualidade da cultura da alface é a temperatura (SILVA et al., 2000). Por ser uma hortaliça originária de clima temperado, o cultivo em locais de alta luminosidade e temperatura pode impedir o crescimento normal da planta, não expressando assim, todo seu potencial genético, afetando conseqüentemente o ciclo e a produção da cultura (SANTOS et al., 2009). Temperaturas acima de 20°C induzem o seu pendoamento (SANTI et al., 2010), dando um sabor amargo ao produto, e essa característica varia de acordo com o comportamento de cada cultivar (FIGUEIREDO et al., 2004).

## **2.2-Conservação pós-colheita**

Devido a elevada perecibilidade das hortaliças folhosas, observada pela rápida deterioração e intensa perda de água, esses produtos tem potencial de conservação de poucos dias após colhidos, fazendo-se necessário o consumo imediato ou o uso de técnicas de conservação pós-colheita (FINGER et al., 1999). Dentre as técnicas, o uso da atmosfera modificada e atmosfera controlada, e principalmente o uso de refrigeração, reduzem a atividade metabólica dos produtos hortícolas, e prolongam a vida útil pós-colheita.

Segundo WILLS et al. (1998), o fator mais importante a ser controlado na fase pós-colheita dos produtos hortícolas é a temperatura, que influencia diretamente na qualidade e na vida de prateleira. A alface é um produto altamente perecível, e sua deterioração se inicia logo após a colheita. Portanto, quanto mais rapidamente é feita a redução de temperatura do produto, mais tempo ela se conservará em condições de comercialização (ANTONIALI, 2000).

Para se conseguir uma boa conservação pós-colheita, os cuidados devem se iniciar no campo, com a utilização de métodos adequados de colheita que minimizem

danos e contaminações por microorganismos. O transporte até o “packing-house” deve ser o mais rápido e cuidadoso possível, evitando injúrias mecânicas aos produtos que ainda não estão devidamente embalados (CHITARRA e CHITARRA, 1990). Esses cuidados podem ajudar na preservação da qualidade e, conseqüentemente, na extensão da vida de prateleira. A utilização de embalagens adequadas, que além de proteger permitem minimizar o manuseio, em conjunto com a utilização da refrigeração, também se mostra essencial para que se consiga uma boa conservação pós-colheita. A utilização de embalagem de polietileno tereftalato (PET) no acondicionamento de frutas e hortaliças tem aumentado nos últimos anos, e entre os anos de 1990 e 1997, esse aumento foi de cerca de 50 vezes (PACHECO e HEMAIS, 1999). Porém, a utilização deste tipo de embalagem no comércio de hortaliças frescas, ainda é pequena. DEL-AGUILA et al. (2006) observaram que a utilização deste tipo de embalagem reduziu significativamente a perda de massa em rabanete minimamente processado e armazenado a 5°C. GILLIES & TOIVONEN (1995) encontraram que utilizando filme plástico micro-perfurado, associado ao método de pré-resfriamento, era possível estender significativamente a vida de prateleira de brócolis.

A alface respira três vezes mais rápido a 10°C do que a 0°C e cerca de duas a três vezes mais rápido a 20°C do que a 10°C. Quanto mais acelerada é a respiração, mais energia na forma de calor é liberada, que aumenta concomitante com o aumento da temperatura (HARDENBURG et al., 1986). A refrigeração torna-se importante já que é utilizada para retardar esse processo, devendo ser então, aplicada o mais rapidamente possível após a colheita, visando o aumento da estocagem de hortaliças.

Riguroso controle da temperatura é necessário para minimizar-se a deterioração da alface. Alfaces armazenadas sob boas condições de estocagem em temperatura de 0 a 3°C e alta umidade relativa (95-100%), podem ser conservadas de duas a três semanas (ASHRAE, 1998).

### **2.3-Pré-resfriamento**

JANICK (1986) definiu o pré-resfriamento como sendo a remoção do calor do campo de produtos recém-colhidos, a fim de retardar o metabolismo e reduzir a deterioração prévia antes do transporte ou armazenagem. Essa técnica reduz rapidamente a transpiração do produto colhido e resulta na manutenção da qualidade do

produto a ser comercializado (BROSNAN e SUN, 2001). O pré-resfriamento, também chamado de resfriamento rápido, é uma das técnicas de maior custo efetivo e de maior eficiência entre os métodos de preservação de qualidade disponíveis na produção dos cultivos comerciais (SULLIVAN et al., 1996).

Existem várias técnicas de pré-resfriamento disponíveis para produtos altamente perecíveis, como salas de refrigeração, hidrosfriamento, resfriamento com ar forçado, resfriamento a vácuo e resfriamento criogênico. 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 e SUN, 2001).

O hidrosfriamento 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. Um dos grandes benefícios desse método é a prevenção da perda de umidade durante o processo de resfriamento (WILLS, 1998). Para aplicação do método pode-se usar aspersão ou imersão do produto em água gelada e, segundo KAYS (1991), para que o método seja efetivo, o contato entre a água e a superfície do produto deve ser uniforme.

O uso do gelo na água aumenta ainda mais as vantagens do resfriamento, pois aumenta substancialmente a capacidade frigorífica, fornecendo frio de forma prolongada (VIGNEAULT e CORTEZ, 2002). 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). ÀLVARES et al. (2007) constataram que o pré-resfriamento, após a colheita de folhas de salsa, utilizando-se uma mistura de água com gelo à 5°C, por 15 minutos, foi efetivo em reduzir a perda de massa durante as primeiras 12 horas de armazenamento.

#### **2.4-Qualidade das hortaliças folhosas**

Em hortaliças com alta atividade metabólica, a maioria das alterações fisiológicas e bioquímicas ocorre nas primeiras horas após a colheita, levando a deterioração, seguida de senescência e morte do tecido. No Brasil, segundo FINGER et al. (1999), a maioria dos vegetais frescos colhidos não é submetida ao pré-resfriamento ou resfriamento até chegarem ao consumidor, o que pode levar de dois a três dias.

Durante esse período, alterações na composição desses vegetais podem ocorrer, afetando a sua qualidade e seu valor nutricional.

Durante a comercialização de hortaliças folhosas, o consumidor presa muito pela qualidade do produto, que é avaliada principalmente por sua aparência, onde se observa a cor, aroma, frescor aparente, e ausência de defeitos. Por esse motivo, fazem-se necessárias técnicas de conservação pós-colheita para a manutenção da qualidade e extensão da vida pós-colheita desses produtos.

#### **2.4.1-Senescência e desverdecimento das folhas**

Segundo WATADA et al. (1984), senescência é o processo que se segue à maturidade fisiológica e que culmina com a morte de toda planta, órgão, tecido ou célula. Ela é indicada pela perda de clorofila e amarelecimento das folhas e a sua taxa depende de vários fatores como cultivar e maturidade das folhas na ocasião da colheita, temperatura de armazenamento, composição da atmosfera e duração da armazenagem (IMAHORI et al., 2004). A senescência leva a degradação de proteínas, com liberação e acumulação de aminoácidos, degradação de clorofila e de alguns outros compostos como ascorbato e lipídeos, que são essenciais para a qualidade nutricional (HANSEN et al., 2001). De acordo com LIPTON (1987), a taxa de perda de clorofila em folhas pode ser influenciada por vários hormônios, além de estresse hídrico, luz, temperatura, cultivar e atmosfera modificada.

A senescência natural é iniciada em folhas não destacadas como parte do desenvolvimento normal da planta ou como resposta inata a condições externas de estresse. Durante o armazenamento pós-colheita, as folhas destacadas passam pelo processo acelerado de senescência iniciado após o destacamento do órgão, e é induzido em folhas armazenadas por diversas condições de estresse impostas. Esses estresses podem agir isoladamente ou em combinação e incluem a separação dos recursos provenientes da planta, incluindo água e suprimento nutricional; exposição à escuridão, levando à inibição da fotossíntese; e a liberação do estresse relacionado com hormônios, principalmente etileno (CANETTI et al., 2002). JIANG et al. (2002) observaram que a utilização de 1-MCP (1-metilcloropropeno) em folhas de coentro pode retardar a senescência dessas folhas mesmo em presença de etileno exógeno. FINGER et al. (1999), estudando as mudanças fisiológicas durante a senescência pós-colheita de

brócolis, detectaram um contínuo aumento da atividade da peroxidase no período seguinte às primeiras 24 horas após a colheita.

A senescência pós-colheita tem função central na determinação do declínio da qualidade de vegetais folhosos durante o armazenamento.

#### **2.4.2-Perda de água**

Hortaliças folhosas apresentam altas taxas transpiratórias, sendo, portanto, suscetíveis à rápida desidratação após a colheita, o que determina, em grande medida, as perdas qualitativas e quantitativas desses produtos. O murchamento e enrugamento de frutos e hortalças são os sintomas iniciais da excessiva perda de água e a sua taxa é dependente principalmente da temperatura e da umidade do local de armazenamento (FINGER e VIEIRA, 1997). Murchamento excessivo é uma das principais causas de má qualidade das verduras em pequenas lojas de varejo no Brasil (FINGER et al., 2008).

Os principais fatores que afetam a taxa de perda de água são a área de superfície do produto e o gradiente de pressão de vapor entre o espaço intercelular do tecido e o ar ao redor da sala de armazenamento (LAURIN et al., 2005). Subseqüentes perdas na turgescência e mudanças de textura depreciam o valor comercial dos produtos fazendo-se necessário o controle da umidade relativa durante o transporte e armazenamento (GAMA et al., 1991). Perdas de água após a colheita em frutos de banana promoveram a redução do período pré-climatérico e induziram a produção de etileno e a respiração (FINGER et al., 1995). A rehidratação pós-colheita de folhas de salsa reduziu significativamente a taxa de perda de água (ALMEIDA e VALENTE, 2005).

A perda de massa pode ser reduzida, dentre outras maneiras, mantendo-se alta a umidade relativa em torno do produto, reduzindo-se a temperatura e desacelerando o metabolismo com a utilização do pré-resfriamento. Embalagens com atmosfera modificada ajudam a manter valores elevados de umidade relativa no seu interior, o que pode reduzir substancialmente a perda de água e conseqüentemente de massa das hortalças folhosas.

### **3. OBJETIVO**

Avaliar o efeito do hidroresfriamento como técnica de pré-resfriamento, na conservação pós-colheita de duas cultivares de alface, ‘Vitoria-de-Santo-Antão’, do tipo solta lisa e ‘Lucy Brown’ do tipo repolhuda crespa (Americana), armazenadas a 5 e 22°C, embaladas em sacos plásticos de polietileno perfurado em caixas de colheita.

### **4. MATERIAL E MÉTODOS**

#### **4.1- Material vegetal**

Na condução do experimento foram utilizadas cabeças de alface do tipo repolhuda crespa, variedade ‘Lucy Brown’, e do tipo solta lisa, variedade ‘Vitoria de Santo Antão’, produzidas na horta da Universidade Federal de Viçosa, MG, latitude 20°45’ S, longitude 42° 52’ O e altitude de 651 m, com todos os manejos culturais recomendados até o ponto de colheita comercial. Foram selecionadas cabeças de alface com peso entre 300 e 400 gramas.

A colheita foi realizada no período da manhã, entre 7:00 e 7:30 h, durante o meses de novembro e dezembro de 2010 para a variedade repolhuda crespa e nos meses de janeiro e fevereiro de 2011 para a variedade do tipo solta lisa. Imediatamente após a colheita, as cabeças foram levadas ao laboratório onde foram submetidas aos seguintes tratamentos: T1- Pré-resfriamento e armazenamento em câmara fria a 5°C, T2- Sem pré-resfriamento e armazenamento em câmara fria a 5°C (controle de T1), T3- Pré-resfriamento e armazenamento à temperatura ambiente ( $\pm 22^{\circ}\text{C}$ ) e T4- Sem pré-resfriamento e armazenamento à temperatura ambiente ( $\pm 22^{\circ}\text{C}$ ), como controle de T3. No laboratório as cabeças foram selecionadas, sendo retiradas as folhas mais externas que se apresentavam amareladas, deterioradas ou murchas. Foram necessários aproximadamente 2 horas da colheita até a aplicação dos tratamentos, incluindo-se a seleção das cabeças. Após a aplicação ou não do pré-resfriamento, as cabeças foram armazenadas sob 5 ou 22°C em caixas de colheita de 25 x 48 cm envoltas por plástico de polietileno perfurado, com furos de 11 mm espaçados a cada 10 cm, para evitar a perda de água excessiva.

O pré-resfriamento foi realizado por imersão das cabeças em água misturada com gelo moído na proporção de 1:3 (v/v) a 4°C (Figura 1A e 1B). O tempo de pré-resfriamento foi determinado em um pré-teste realizado no mês de setembro de 2010, com cabeças das mesmas variedades imersas nessa mistura de água com gelo, de onde, a cada 5 minutos eram retiradas duas cabeças e media-se a temperatura da cabeça de alface, com a utilização de termômetro digital com haste, inserido no centro da cabeça, e a temperatura da superfície da folha com termômetro infravermelho. A temperatura da cabeça após a aplicação do hidrosfriamento era então determinada pela média das duas temperaturas, interna e externa. O tempo de pré-resfriamento foi determinado quando a temperatura das cabeças estabilizasse.

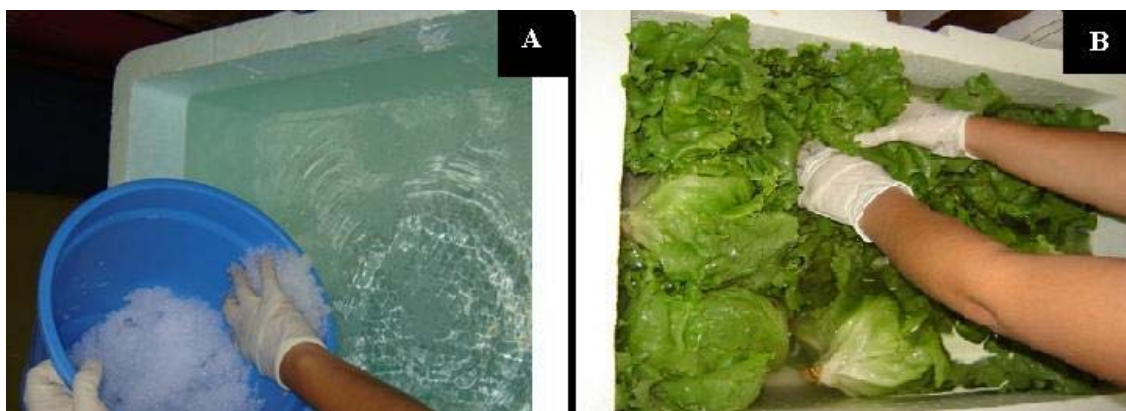


Figura 1 – Aplicação do tratamento de pré-resfriamento após a colheita das cabeças de alface (*Lactuca sativa* L.), variedade ‘Lucy Brown’

Antes e após a aplicação dos tratamentos foram realizadas as análises físico-químicas, a cada 12 horas, nas primeiras 48 horas, e a cada 24 horas, até o final de vida de prateleira. Para cada intervalo de tempo avaliado, utilizaram-se quatro repetições por tratamento, em que cada repetição constituiu uma cabeça de alface. A umidade relativa do ar foi acompanhada ao longo do experimento, obtendo-se média final de 55% para o ambiente de armazenamento a 5°C e 42% para o ambiente de armazenamento a 22°C.

#### **4.2- Vida de prateleira**

O final da vida de prateleira foi determinado quando as cabeças apresentavam-se murchas, amarelcidas ou com sinais de deterioração, mostrando-se impróprias à comercialização. Utilizou-se como parâmetro de descarte de cada tratamento, o murchamento, amarelcimento ou deterioração de 50% ou mais do número de cabeças.

#### **4.3- Perda de massa fresca**

A perda de massa fresca foi estimada em relação à massa fresca inicial das cabeças e os resultados expressos em porcentagem de perda de massa fresca conforme a expressão:

$$PMF = [(MFI - MFF) \times 100] / MFI,$$

Em que: PMF= perda de massa fresca (%)

MFI= massa fresca inicial (g)

MFF= massa fresca final (g)

Os dados foram transformados em perda de massa acumulada (%).

#### **4.4- Clorofila**

O teor de clorofila das folhas foi avaliado durante o armazenamento, segundo metodologia descrita por INSKIP e BLOOM (1985). Foram retirados cinco discos de 11 mm de diâmetro de três folhas de cada cabeça, sendo uma folha mais externa, uma mediana e uma interna, totalizando 15 discos por cabeça. Estes discos foram colocados em tubos protegidos com papel alumínio para evitar a fotodegradação dos pigmentos clorofílicos, com 5 ml de solvente N,N-dimetilformamida. Em seguida, os frascos foram armazenados a 4°C. Após um período de 10 dias, os frascos foram retirados do refrigerador e foi realizada a filtragem do solvente e a leitura nas absorvâncias a 647 e 664,5 nm. A concentração de pigmento foi calculada de acordo com a seguinte equação e, posteriormente, os dados foram transformados para  $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ :

$$\text{Clorofila Total (mg.L}^{-1}\text{)} = 17,9. A_{647} + 8,08. A_{664,5}$$

#### 4.5- Teor relativo de água

O teor relativo de água das folhas de alface antes do tratamento e durante todo o armazenamento, foi avaliado pelo corte de 15 discos de 11 mm de diâmetro (5 seções por folha, uma externa, uma mediana e uma interna), retiradas manualmente (em cada repetição). As seções foram pesadas inicialmente obtendo-se a massa fresca (F). As mesmas seções das folhas foram hidratadas em espuma de poliuretano de 2 cm de espessura. A espuma, em recipiente, foi umedecida periodicamente com água desionizada, evitando-se o seu encharcamento e ressecamento, até o final do experimento. As seções das folhas foram mantidas em hidratação na espuma por quatro horas, tempo em que as seções alcançaram a porcentagem máxima de hidratação. Após o período de hidratação, as seções das folhas foram pesadas novamente, obtendo-se a massa túrgida (T). Em seguida, foi determinada a massa seca (W) por secagem em estufa com fluxo de ar forçado a 70 °C, até massa constante. Procedeu-se então, o cálculo do teor relativo de água (TRA) conforme descrito por CATSKY (1974), com a equação descrita por WEATHERLEY (1950):

$$\text{TRA} = [(F - W) / (T - W)] \times 100,$$

Em que: TRA= teor relativo de água (%)

F = peso de massa fresca (g);

W = peso de massa seca (g) e

T = peso de massa túrgida (g).

#### 4.6- Teor de açúcares solúveis totais

Para a obtenção das amostras representativas foram pesados 5 g de folhas de alface (para cada repetição), sendo adicionado etanol 80% fervente por 30 minutos, e, após foram armazenados sob refrigeração. Na posterior extração, o material foi triturado em um triturador Polytrex e o sobrenadante foi filtrado em papel filtro qualitativo 80G, seguindo-se três lavagens com etanol 80%, em que o volume combinado após as lavagens foi completado, em balão volumétrico, para 50 mL com etanol 80%. O extrato obtido foi armazenado em geladeira em potes plásticos vedados com parafilme para a posterior quantificação do teor de açúcares solúveis totais e redutores. O resíduo retido no papel filtro foi secado em estufa a 65°C por 24 horas e armazenado em dessecadores para posterior quantificação do teor de amido.

Para quantificação dos açúcares solúveis totais foi utilizado o método fenol-sulfúrico (DUBOIS et al., 1956). *A priori* foram feitos os testes de diluição de acordo com a curva padrão para açúcares solúveis totais, utilizando-se soluções de sacarose de 0, 10, 20, 30, 40 e 50  $\mu\text{g mL}^{-1}$ . A diluição usada para a variedade ‘Lucy Brown’ foi de 20x e para a variedade ‘Vitoria de Santo Antão’ foi de 10x. Sempre em duplicata, em cada réplica, pipetaram-se 0,25 mL do extrato diluído em tubo de ensaio. Em seguida foram adicionados 0,25 mL de fenol a 5% e os tubos foram agitados em vórtex. Posteriormente, a cada um dos tubos foram adicionados 1,25 mL de ácido sulfúrico concentrado, sendo novamente agitados com vortex e levados a banho-maria a 30°C, por 20 minutos. Após a remoção dos tubos do banho-maria, estes foram novamente agitados e colocados em temperatura ambiente, por 30 minutos e, então se procedeu a leitura da absorbância a 490 nm em espectrofotômetro Shimatzu, modelo UV1601. Os valores obtidos foram comparados com a curva padrão de sacarose às concentrações de 0, 10, 20, 30, 40, e 50  $\mu\text{g mL}^{-1}$ . A partir do valor de absorbância, procederam-se os cálculos com as devidas correções das diluições utilizadas, sendo o resultado expresso em % TESC (Total 80% Ethanol-Soluble Carbohydrate) da matéria fresca.

#### **4.7- Teor de açúcares redutores e não redutores**

Para a quantificação do teor de açúcares redutores foi utilizado o método de Somogy-Nelson (NELSON, 1944), sendo utilizado o mesmo extrato alcóolico obtido para a quantificação dos açúcares solúveis totais. Foram transferidos para tubos Eppendorff, 0,2 mL do extrato já diluído, sempre em duplicata e, em seguida, adicionado 0,2 mL de reativo de Nelson. Os tubos Eppendorff foram então agitados e levados a banho-maria, em água fervente, por 15 minutos. Em seguida, foi realizado o resfriamento dos tubos Eppendorff em água e adicionados a cada um deles, 0,2 mL de solução arsenomolibdica e 0,6 mL de água desionizada, sendo novamente agitados em vortex. Após essas etapas as leituras foram realizadas na absorbância de 540 nm no espectrofotômetro Shimatzu, modelo UV1601, e os valores obtidos foram comparados com a curva padrão de glicose (0, 10, 20, 30, 40 e 50  $\mu\text{g mL}^{-1}$ ).

Os açúcares não redutores foram estimados subtraindo-se o teor de açúcares redutores do teor de açúcares solúveis totais. Ambos foram expressos em % TESC (Total 80% Ethanol-Soluble Carbohydrate) na matéria fresca.

#### **4.8- Teor de amido**

Para quantificação do teor de amido, foi utilizado o resíduo obtido pela extração de açúcares solúveis totais após secagem por 24 horas, à temperatura de 65°C, mediante metodologia descrita por McCREADY et al. (1950). As amostras foram transferidas, com espátula, do papel filtro para o almofariz, sendo submetidas à desintegração e sendo previamente pesadas. Essas foram colocadas em tubos de ensaio e ressuspensas em 2,5 mL de água desionizada e 3,25 mL de ácido perclórico a 52%, agitadas em vórtex e deixadas em repouso por 30 minutos. Em seguida, foram centrifugadas a 2000 g por 10 minutos. O sobrenadante foi coletado em provetas de 25 mL. Esta operação foi realizada por três vezes, e o volume das provetas, ao final das três centrifugações, foi completado com água desionizada. O extrato foi armazenado sob refrigeração para posterior quantificação.

Para a quantificação foi utilizado o mesmo método dos açúcares solúveis totais descrito anteriormente, sendo o resultado multiplicado pelo fator 0,9 e expresso em matéria seca.

#### 4.9- Análises estatísticas

Os dados foram analisados sob esquema de parcelas subdivididas, tendo nas parcelas os tratamentos e nas subparcelas os tempos de armazenamento, no delineamento em blocos casualizados, com quatro repetições, sendo uma cabeça de alface a unidade experimental. Os dados foram submetidos à análise de variância e regressão. As médias do fator qualitativo foram comparadas utilizando-se o teste de Tukey a 10% de probabilidade. Os modelos foram escolhidos com base na significância dos coeficientes de regressão, utilizando-se o teste “t” de Student, adotando-se o nível de 5% de probabilidade para o coeficiente de determinação e para o fenômeno biológico.

$$r^2 = \frac{SQ_{reg}}{SQ_T},$$

Em que:  $SQ_{reg}$  = soma de quadrado devido a regressão; e

$SQ_T$  = soma de quadrado do tratamento (tempo após o tratamento).

Como os tratamentos alcançaram vida de prateleira diferentes, as análises de variância foram determinadas até às 48 horas de armazenamento para a variedade ‘Lucy Brown’, e até as 36 horas de armazenamento para a variedade ‘Vitória de Santo Antão’.

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1- Variedade 'Lucy Brown'

#### 5.1.1- Tempo de pré-resfriamento

Na escolha do tempo de pré-resfriamento, a temperatura interna das cabeças decresceu ao longo do tempo de pré-resfriamento (Tabela 1), apresentando uma redução média de 15°C na temperatura nos primeiros dez minutos de imersão das cabeças. Inicialmente o resfriamento ocorre a maiores taxas, e nos minutos subsequentes, há redução da taxa de decréscimo da temperatura do produto (PRANGE, 1994).

Tabela 1- Períodos de pré-resfriamento das cabeças de alface repolhuda crespa 'Lucy Brown' na mistura a 4°C de gelo moído e água (1:3 v/v).

Tempo de pré-resfriamento (minutos)	Temperatura interna das cabeças (°C)
0	20,0
5	8,7
10	5,0
15	4,8
20	5,0
30	5,8
40	4,8
50	6,0

A temperatura interna das cabeças antes da aplicação do tratamento foi de 20°C, sendo essas resfriadas para 5,0°C, aos 10 minutos de pré-resfriamento, com água gelada (Figura 2). Após esse tempo, houve estabilização da temperatura interna das cabeças. Dessa forma, 10 minutos foi considerado como o tempo adequado para a aplicação do tratamento pós-colheita nessa variedade de alface. A taxa de resfriamento do produto depende de diversos fatores como a taxa de transferência de calor, diferença na temperatura entre o produto e o meio de resfriamento, propriedades termais do produto, tamanho, forma e natureza do meio de resfriamento (WILLS et al., 1998).

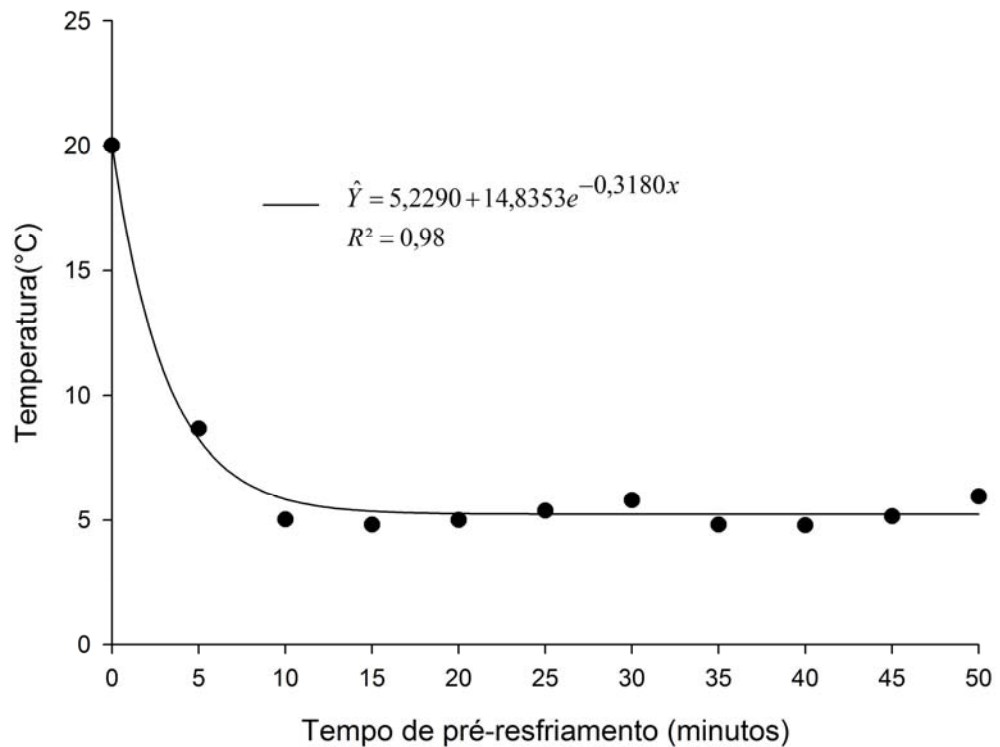


Figura 2- Valores médios das temperaturas internas das cabeças de alface repolhuda crespa ‘Lucy Brown’ em função do tempo de pré-resfriamento.

### 5.1.2- Perda de massa fresca e vida de prateleira

Houve aumento linear da perda de massa ao longo do período de armazenamento a 5°C e a 22°C, independentemente da aplicação do hidroresfriamento (Figura 3).

Durante o armazenamento, houve uma maior taxa de perda de massa dos tratamentos hidroresfriados, que se apresentaram maiores que seus controles, sem hidroresfriamento, sob as duas temperaturas de armazenamento. Nas cabeças armazenadas a 5°C, a taxa da perda de massa por hora, foi de 0,17% e 0,11% nas alfaces hidroresfriadas e sem hidroresfriamento, respectivamente. Nas cabeças armazenadas a 22°C a perda de massa foi de 0,26% e 0,19%, para o tratamento

hidroresfriado e sem hidroresfriamento, respectivamente (Figura 3). Após a aplicação do hidroresfriamento, foi realizada a drenagem da água antes das cabeças serem armazenadas. Porém, devido à disposição das folhas na cabeça, certa quantidade de água ainda ficou retida na superfície das folhas. Portanto, ao se fazer a pesagem no momento de cada avaliação, parte da perda de massa nos tratamentos hidroresfriados foi devido à perda dessa água retida somada a perda da água absorvida durante a imersão, diferentemente dos seus controles sem hidroresfriamento, em que a perda de massa fresca se deve exclusivamente a perda de água proveniente do interior dos tecidos da alface.

Por outro lado, apesar de terem apresentado menor perda de massa fresca acumulada, as folhas dos tratamentos que não foram hidroresfriados se apresentavam visualmente mais murchas que as hidroresfriadas após 48 horas de armazenamento, momento em que as alfaces que não foram pré-resfriadas e armazenadas a temperatura ambiente (T4), foram descartadas (Figura 4). A taxa de perda de água pelos produtos hortícolas é função da interação entre fatores do meio e interno dos órgãos vegetais, e a taxa de difusão do vapor de água do produto para o ambiente que é determinada, em parte, pela relação superfície/volume, natureza da superfície protetora e integridade física (FINGER e VIEIRA, 1997). As alfaces sem hidroresfriamento tiveram menor vida de prateleira das folhas, acumulando perda de massa de 10,88% após 4 dias (96 horas) e 9,21% após 2 dias (48 horas) nas cabeças armazenadas a 5 e a 22°C, respectivamente. As alfaces hidroresfriadas acumularam perda de massa de 25%, após 7 dias (168 horas), e 18,42%, após 3 dias (72 horas) nas cabeças armazenadas a 5 e a 22°C respectivamente (Tabela 2).

Durante todo o armazenamento, a perda de massa das cabeças armazenadas a 5°C foi menor que nas cabeças armazenadas a 22°C, independentemente da aplicação do hidroresfriamento (Tabela 2), além da maior vida de prateleira proporcionada pelo armazenamento a 5°C, em relação ao armazenamento a 22°C, independentemente da aplicação do hidroresfriamento. Quando a temperatura de armazenamento usada foi 5°C, a aplicação do hidroresfriamento proporcionou um ganho de 75% na vida de prateleira das alfaces e quando a temperatura foi 22°C o ganho foi de 50%. (Figura 5)

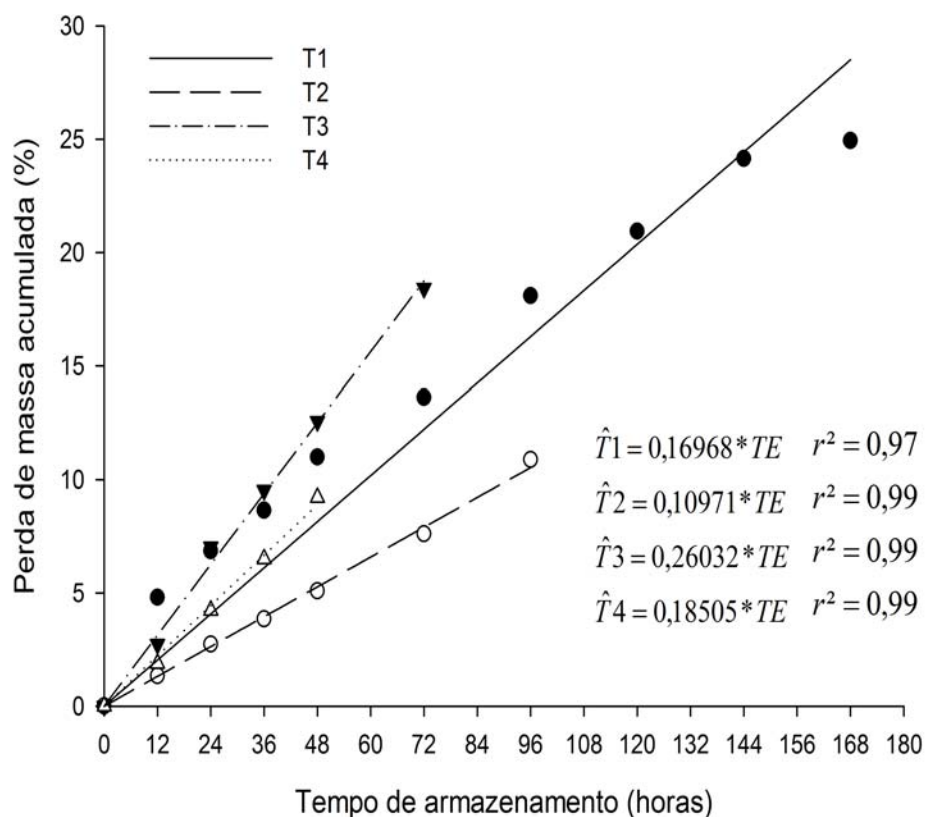


Figura 3- Estimativa da perda de massa acumulada (%) da alface repolhuda crespa ‘Lucy Brown’ em função do tempo (TE) por até 168 horas (7 dias) armazenadas a 5°C com e sem hidroresfriamento (T1 e T2 respectivamente), e armazenadas a 22°C com e sem hidroresfriamento (T3 e T4 respectivamente).

\*Significativo a 5% de probabilidade pelo teste “t”

Essa maior vida de prateleira deve-se ao fato de a temperatura ser um importante fator a ser controlado durante o armazenamento, sendo a refrigeração a técnica mais recomendada e econômica para o armazenamento dos produtos (PAULL, 1999). Temperaturas mais elevadas promovem aumento da atividade metabólica, reduzindo a conservação pós-colheita de produtos hortícolas (TAIZ e ZEIGER, 2004). A cadeia do frio no período pós-colheita, portanto, torna-se importante mesmo quando se aplica algum tratamento nessa fase, como o hidroresfriamento.

A maior umidade relativa no ambiente de armazenamento a 5°C (55%) em relação ao ambiente de armazenamento a 22°C (42%), também pode ter sido um fator

influyente na maior longevidade e menor perda de massa fresca nas cabeças armazenadas a essa temperatura, uma vez que maior umidade promove uma redução do gradiente de pressão de vapor de água entre o produto e a atmosfera interna da embalagem reduzindo a perda de água.

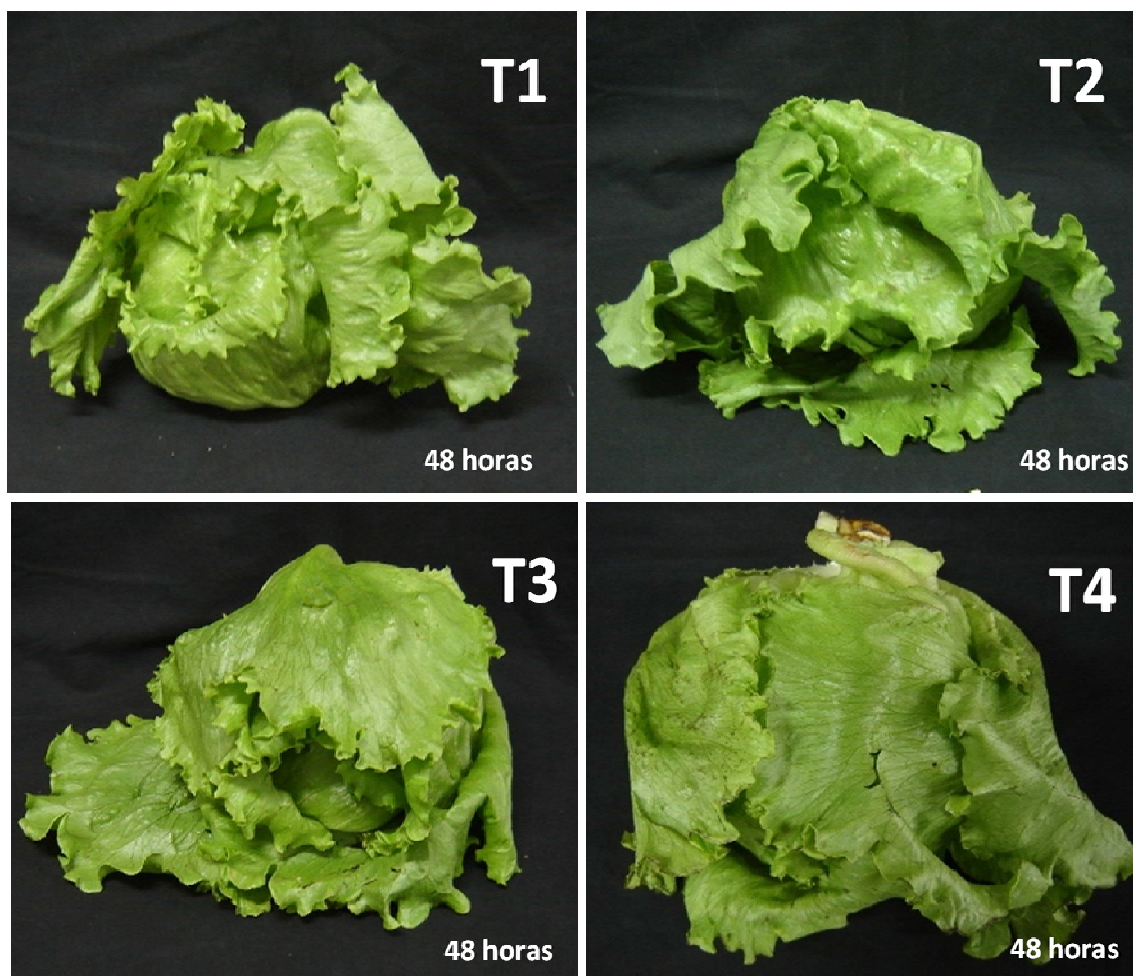


Figura 4- Aparência de alfaces repolhuda crespa ‘Lucy Brown’ submetidas ao hidroresfriamento e armazenadas a 5°C (T1), sem hidroresfriamento armazenadas a 5°C (T2), hidroresfriadas e armazenadas a 22°C (T3) e sem hidroresfriamento e armazenadas a 22°C (T4) no período de 48 horas de armazenamento.

Houve interação significativa entre os tratamentos e o tempo de armazenamento pós-colheita. Quando não foi aplicado o hidrosfriamento, a perda de massa acumulada a partir das 24 horas de armazenamento foi significativamente menor quando o armazenamento foi feito a 5°C, comparado ao armazenamento a 22°C. Já quando se aplicou o hidrosfriamento, a perda de massa das alfaces armazenadas a 5°C foi significativamente menor que a perda de massa das alfaces armazenadas a 22°C, a partir das 48 horas de armazenamento (Tabela 2).

Além da perda de massa total e murchamento dos produtos, a perda de água pode promover intensos efeitos fisiológicos, interferindo na respiração, produção de etileno, degradação de clorofila e indução de alterações do padrão de síntese protéica (FINGER e VIEIRA, 1997).

Tabela 2- Valores médios da perda de massa fresca acumulada (%) em cabeças de alface submetidas ao hidrosfriamento (HR) seguido de armazenamento a 5 ou 22°C por até 7 dias (168 horas)\*.

Tempo após o tratamento (horas)	Tratamentos			
	Armazenamento a 5°C		Armazenamento a 22°C	
	c/ HR	s/ HR	c/ HR	s/HR
0	0,00 a	0,00 a	0,00 a	0,00 a
12	2,71 a	1,33 b	2,73 a	1,88 ab
24	6,85 a	2,73 c	7,02 a	4,23 b
36	8,63 a	3,84 c	9,53 a	6,50 b
48	10,99 b	5,08 d	12,57 a	9,21 c
72	13,61 b	7,60 c	18,42 a	
96	18,08 a	10,88 b		
120	20,93			
144	24,14			
168	24,92			

\*Médias seguidas de mesma letra na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a 10% de probabilidade

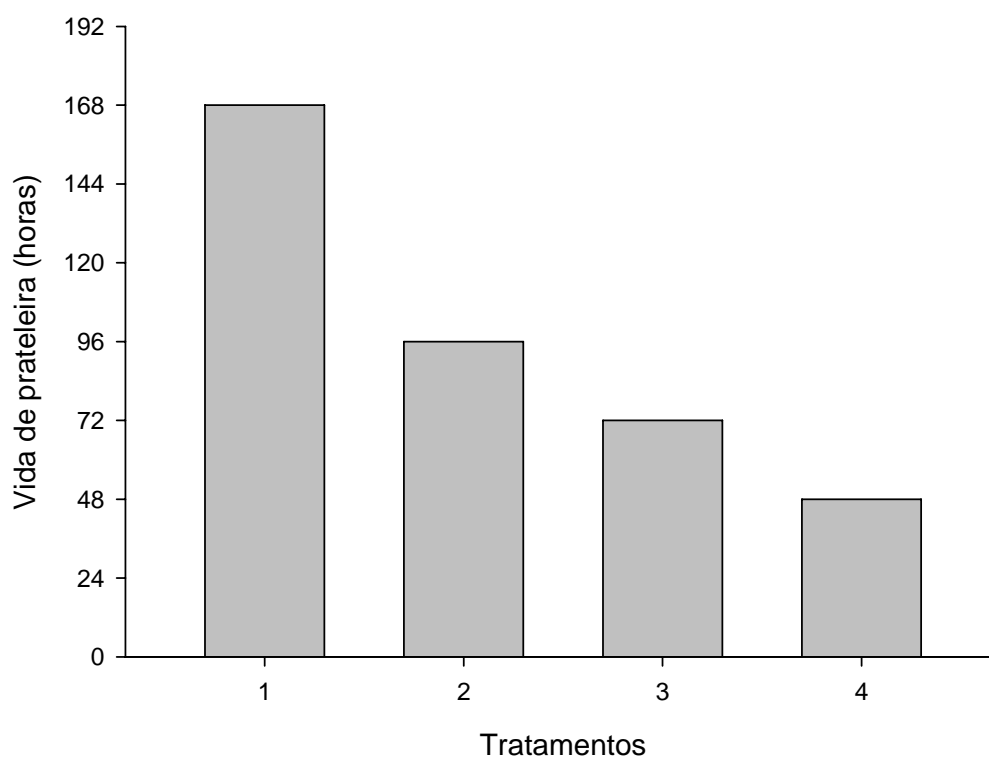


Figura 5- Vida de prateleira de alfaces do tipo repolhuda crespa 'Lucy Brown' submetidas ao hidrosfriamento, seguido de armazenamento a 5°C (Tratamento 1), armazenamento a 5°C sem hidrosfriamento (Tratamento 2), hidrosfriamento seguido de armazenamento a 22°C (Tratamento 3) e armazenamento a 22°C sem hidrosfriamento (Tratamento 4).

### 5.1.3- Clorofila

Não houve interação significativa entre os tratamentos e o tempo de armazenamento pós-colheita nos teores de clorofila das folhas (Tabela 3). Durante a avaliação do experimento, não se observaram alterações visíveis na cor verde das folhas dentro de cada tratamento, nem durante as primeiras 48 horas e nem durante o restante do tempo de armazenamento.

Tabela 3- Valores médios dos teores de clorofila de folhas de alface repolhuda crespa 'Lucy Brown' em função do tempo pós-colheita armazenadas a 5 e 22°C com e sem aplicação do hidroresfriamento por 48 horas.

Tratamentos		Clorofila Total*
5°C	Com hidroresfriamento	6,00 B
	Sem hidroresfriamento	7,74 A
22°C	Com hidroresfriamento	7,69 AB
	Sem hidroresfriamento	7,81 A
CV(%)		35,78

\* $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ . Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 10% de probabilidade.

Os valores médios dos teores de clorofila total nas folhas do tratamento hidroresfriado e seu controle, armazenadas a 5°C foram de 6,0 e 7,74  $\mu\text{g}/\text{cm}^2$  respectivamente, e para o tratamento hidroresfriado e seu controle armazenados a 22°C foi de 7,69 e 7,81  $\mu\text{g}/\text{cm}^2$  respectivamente. Similarmente, ÁLVARES et al. (2007) encontraram que o teor de clorofila de folhas de salsa, com ou sem aplicação do hidroresfriamento não foi influenciado pelo tempo de armazenamento a 5°C. Nas alfaces armazenadas a 5°C, o teor de clorofila nas folhas hidroresfriadas foi significativamente menor que seu controle, sem hidroresfriamento. Esse fato pode ser devido à absorção de água pelas folhas durante a aplicação do hidroresfriamento, aliada à capacidade do ar a 5°C, de manter essa água absorvida no interior dos tecidos, criando um efeito de diluição no teor de clorofila. Para as alfaces armazenadas a 22°C não houve diferença significativa entre as folhas hidroresfriadas e seu controle.

Segundo IMAHORI et al. (2004), a senescência é indicada pela perda de clorofila e amarelecimento das folhas e sua taxa depende de vários fatores como cultivar e maturidade das folhas na colheita, temperatura de armazenamento, composição da atmosfera e duração da armazenagem. FINGER et al. (1999), estudando as mudanças fisiológicas durante a senescência pós-colheita de brócolis observaram uma degradação não significativa no teor de clorofila nas primeiras 24 horas após a colheita, porém após esse período houve um intenso desverdecimento dos floretes.

#### **5.1.4- Teor relativo de água**

Houve efeito significativo dos tratamentos no teor relativo de água médio ao longo do armazenamento. O teor relativo de água das folhas foi significativamente maior quando as cabeças foram submetidas ao hidrosfriamento e armazenadas a 5°C em relação a seu controle sem hidrosfriamento. Não houve diferença significativa no teor relativo de água das folhas hidrosfriadas independentemente da temperatura de armazenamento (5 ou 22°C). O hidrosfriamento seguido de armazenamento a 5°C ou 22°C manteve um melhor balanço hídrico das folhas (Tabela 4). Quando o armazenamento foi feito a 22°C, a aplicação do hidrosfriamento não promoveu diferença significativa no teor relativo de água, em relação a seu controle sem hidrosfriamento (Tabela 4), provavelmente devido à alta taxa de perda de água imposta pela elevada temperatura. O hidrosfriamento então, aliado a um armazenamento a baixa temperatura ajuda na manutenção do balanço hídrico por maior período de tempo, sendo um dos principais fatores determinante da longevidade das folhosas e retardamento da senescência (TAIZ e ZEIGER, 2004).

Tabela 4- Valores médios do teor relativo de água (TRA) em folhas de alface repolhuda crespa ‘Lucy Brown’, armazenadas a 5°C e 22°C, com ou sem hidrosfriamento durante as primeiras 48 horas de armazenamento.

Tratamentos		TRA (%)*
5°C	Com hidrosfriamento	96,38 A
	Sem hidrosfriamento	92,79 B
22°C	Com hidrosfriamento	93,99 AB
	Sem hidrosfriamento	92,44 B
CV(%)		3,16

\*Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 10% de probabilidade

Esse resultado mostra que a perda acumulada de massa fresca nas folhas hidrosfriadas foi resultado da soma da perda da água aderida a superfície das folhas e da água absorvida pelos tecidos. Nas alfaces não resfriadas, a perda de massa fresca se deve somente a perda da água proveniente do interior dos tecidos. Assim, apesar de as alfaces hidrosfriadas apresentarem maior perda de massa acumulada, estas se mostravam mais hidratadas que as alfaces em que não foi aplicado o hidrosfriamento.

#### 5.1.5- Açúcares solúveis totais, redutores e não redutores e amido

Não houve interação dos tratamentos com o tempo de armazenamento, assim como não houve efeito dos tratamentos sobre os teores de açúcares solúveis totais, redutores, não redutores e amido. As equações de regressão ajustadas forneceram modelos quadráticos para explicar o comportamento das quatro variáveis ao longo do tempo de armazenamento pós-colheita, com altos coeficientes de determinação ( $R^2$ ) (Tabela 5).

Tabela 5- Equações de regressão ajustadas dos teores de açúcares solúveis totais, redutores, não redutores e amido ( $\hat{Y}$ = %) de folhas de alface variedade 'Lucy Brown' em função do tempo de armazenamento pós-colheita (TE) em horas, no armazenamento a 5 ou 22°C nas primeiras 48 horas de armazenamento e seus coeficientes de determinação ( $R^2$ ).

Variável	Equações ajustadas	$R^2$
Açúcares Solúveis Totais	$\hat{Y} = 2,64597 - 0,06088* TE + 0,00088*** TE^2$	0,92
Açúcares Redutores	$\hat{Y} = 1,43133 - 0,01944*** TE + 0,00027*** TE^2$	0,78
Açúcares não-redutores	$\hat{Y} = 1,21463 - 0,04143* TE + 0,00061* TE^2$	0,99
Amido	$\hat{Y} = 3,33353 - 0,05838* TE - 0,00088* TE^2$	0,95

\*Significativo a 5% pelo teste 't' \*\*\* Significativo a 10% pelo teste 't'

Houve queda significativa do teor de açúcares solúveis totais, redutores, não redutores e amido nas primeiras 12 horas de armazenamento pós-colheita (Tabela 6). Nas primeiras horas após a colheita, uma maior quantidade de carboidratos é necessária para manter a alta demanda respiratória, quando ocorrem as maiores mudanças fisiológicas, bioquímicas e moleculares, como foi observado em aspargo (LILL et al., 1990). Altos teores de carboidratos em órgãos destacados estão relacionados à maior vida de prateleira de vegetais como alface, repolho e couve (AMARANTE e PUSCHMANN, 1993). FINGER et al. (1999) observaram uma degradação imediata do teor amido após a colheita de brócolis, com uma perda de 67% após 72 horas de armazenamento.

No presente experimento, durante as 48 primeiras horas do armazenamento houve uma queda de 37,2%, 24,5%, 52,1% e 23,7% no teor de açúcares solúveis totais, redutores, não redutores e amido respectivamente.

A rápida diminuição dos teores de amido e açúcares redutores pode estar relacionada com as perdas de açúcares solúveis totais. Em salsa, os teores de amido e açúcares não redutores não foram significativamente afetados pelo hidrosfriamento e pela duração do armazenamento a 5°C, e houve um aumento no teor de açúcares redutores a uma taxa de 2,6 g kg<sup>-1</sup> por dia (ÁLVARES et al., 2007).

Nesse trabalho, o hidrosfriamento das alfaces, seguido de armazenamento a 5 ou 22°C não foi efetivo em influenciar o consumo dos carboidratos nas primeiras horas após a colheita, a fim de reduzir a atividade metabólica.

Tabela 6- Valores médios dos teores de açúcares solúveis totais (AST), redutores (AR), não redutores (ANR) e amido em folhas de alface repolhuda crespa ‘Lucy Brown’ armazenadas a 5 ou 22°C com ou sem aplicação do hidrosfriamento, durante as primeiras 48 horas de armazenamento pós-colheita.

Tempo (horas)	AST *	AR*	ANR*	AMIDO**
0	2,7247 A	1,4723 A	1,2524A	3,3671A
12	1,8412 B	1,1236 B	0,7176 B	2,6584B
24	1,8204 B	1,2145 B	0,6059 B	2,5559B
36	1,6200 B	1,0696 B	0,5504 B	2,3207B
48	1,7117 B	1,1115 B	0,5999 B	2,5706B
CV(%)	24,79	25,71	57,92	19,33

\*% na matéria fresca \*\*% na matéria seca. Médias seguidas pelas mesmas letras nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey a 10% de probabilidade.

A maior demanda por açúcares ocorre nas 12 primeiras horas após a aplicação dos tratamentos. Após esse período, essa demanda diminuiu concomitantemente com a redução da conversão do amido em açúcares nas folhas. A sacarose, açúcar não redutor, é o principal açúcar de translocação e, quando necessário, é transformada em glicose e frutose, açúcares não redutores. Nesse experimento, não houve aumento do teor dos açúcares redutores quando da degradação dos não redutores, ou essa alteração não foi detectada.

Após a colheita, carboidratos, lipídeos e proteínas (matérias orgânicas de reserva) são utilizados como fonte de carbono e produção de energia na respiração (CHITARRA e CHITARRA, 1990). Portanto, maiores níveis na colheita proporcionam maior vida de prateleira no período pós-colheita.

Hortaliças folhosas não armazenam grande quantidade de carboidratos, fazendo com que seu potencial de armazenamento seja menor que o de outros tipos de hortaliças. O amido apresentou-se em maiores níveis que os açúcares solúveis durante o tempo de armazenamento das alfaces, e este é considerado o principal carboidrato de reserva de órgãos vegetais.

## 5.2 Variedade ‘Vitória de Santo Antão’

### 5.2.1- Tempo de pré-resfriamento

Nessa variedade de alface houve estabilização da temperatura das cabeças aos 5 minutos de pré-resfriamento, com redução média da temperatura de 12,5°C. A taxa de resfriamento nos primeiros 5 minutos foi bem superior à taxa de resfriamento nos minutos subsequentes. A temperatura interna das cabeças antes da aplicação do tratamento era em média 20°C e essas foram resfriadas para 8,1°C, aos 5 minutos de pré-resfriamento, com água gelada. Após esse tempo, houve uma estabilização da temperatura interna das cabeças (Figura 6). Dessa forma, 5 minutos seria o tempo adequado para a aplicação desse tratamento pós-colheita nessa variedade de alface.

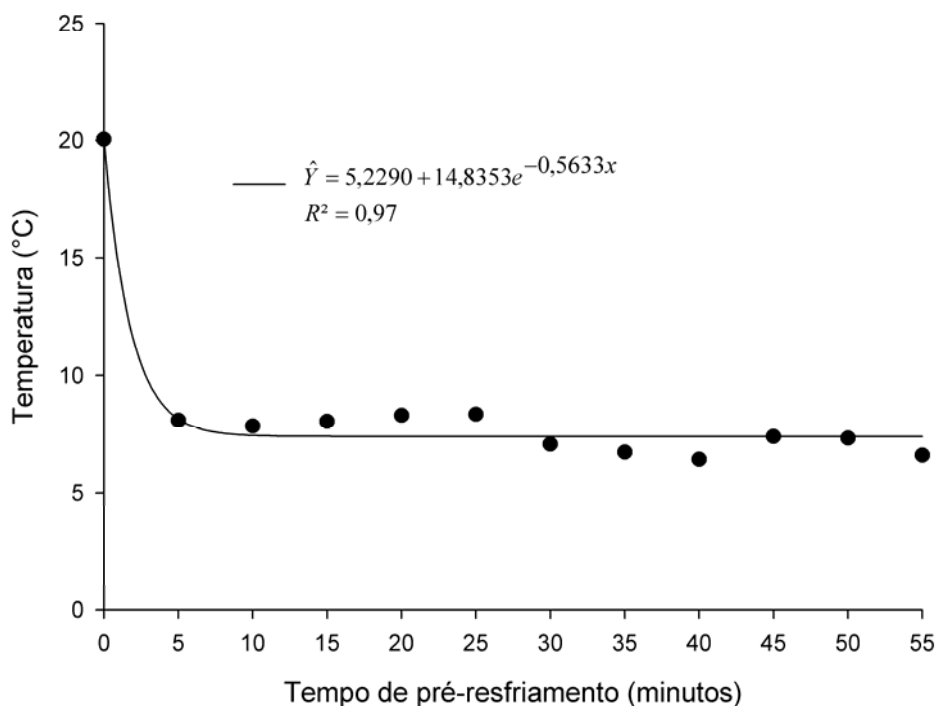


Figura 6- Valores médios da temperatura interna das cabeças de alface solta lisa ‘Vitoria de Santo Antão’ em função do tempo de pré-resfriamento.

### 5.2.2- Perda de massa fresca e vida de prateleira

Houve aumento linear da perda de massa fresca ao longo do período de armazenamento a 5°C e a 22°C, com ou sem aplicação do hidroresfriamento, assim como ocorreu na alface americana (Figura 7).

Nessa variedade de alface também se observaram maiores perdas de massa nas folhas hidroresfriadas em relação a seus controles, sem hidroresfriamento, sob duas temperaturas de armazenamento devido à água absorvida pelos tecidos durante a imersão e a água retida na superfície das folhas da cabeça. Nesse caso, nas cabeças armazenadas a 5°C a taxa da perda de massa por hora, foi de 0,25% e 0,19% nas folhas hidroresfriadas e sem hidroresfriamento, respectivamente, e nas cabeças armazenadas a 22°C a perda de massa foi de 0,54% e 0,46%, para o tratamento hidroresfriado e sem hidroresfriamento, respectivamente, devido a seu maior gradiente de pressão de vapor comparado ao ar de armazenamento a 5°C (Figura 7).

Essa variedade de alface mostrou maiores taxas de perda de massa fresca que a variedade 'Lucy Brown' para todos os tratamentos aplicados. Também nessa variedade, apesar de terem apresentado menor perda de massa fresca acumulada, as folhas das alfaces que não foram hidroresfriadas se apresentavam visualmente mais murchas que as hidroresfriadas, após 36 horas de armazenamento, momento em que as alfaces que não foram pré-resfriadas e armazenadas à temperatura ambiente (T4), foram descartadas (Figura 8).

As alfaces hidroresfriadas apresentaram perda de massa de 31,58%, após 6 dias de armazenamento (144 horas) e 34,90%, após 3 dias de armazenamento (72 horas) quando o armazenamento foi feito a 5 e a 22°C, respectivamente. As alfaces que não foram hidroresfriadas apresentaram perda de massa de 22,67% após 5 dias de armazenamento (120 horas) e 15,92%, após 1,5 dias de armazenamento (36 horas) quando o armazenamento foi feito a 5 e a 22°C, respectivamente (Tabela 7). Sob as duas temperaturas de armazenamento, o hidroresfriamento promoveu maior vida de prateleira das alfaces em relação ao controle sem hidroresfriamento. Quando o armazenamento foi feito a 5°C, o hidroresfriamento promoveu aumento de 20% na vida de prateleira, e quando o armazenamento foi feito a 22°C, esse aumento foi de 100% (Figura 9).

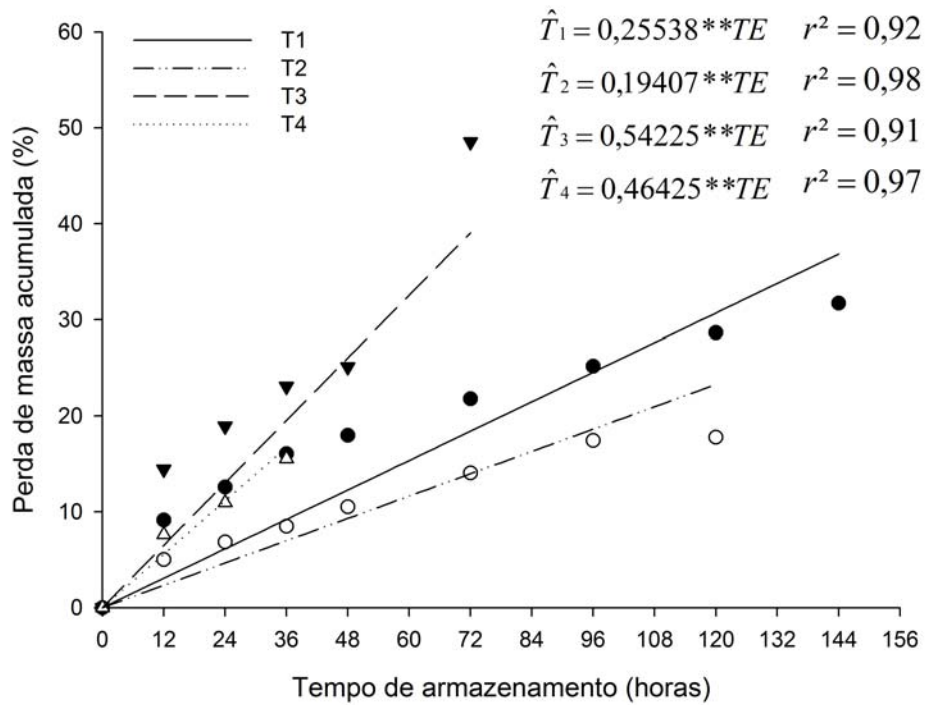


Figura 7- Estimativa da perda de massa acumulada (%) da alface solta lisa ‘Vitoria de Santo Antão’ em função do tempo (TE) por até 144 horas (6 dias) armazenadas a 5°C com e sem hidrosfriamento (T1 e T2 respectivamente), e armazenadas a 22°C com e sem hidrosfriamento (T3 e T4 respectivamente).

\*Significativo a 1% pelo teste “t”

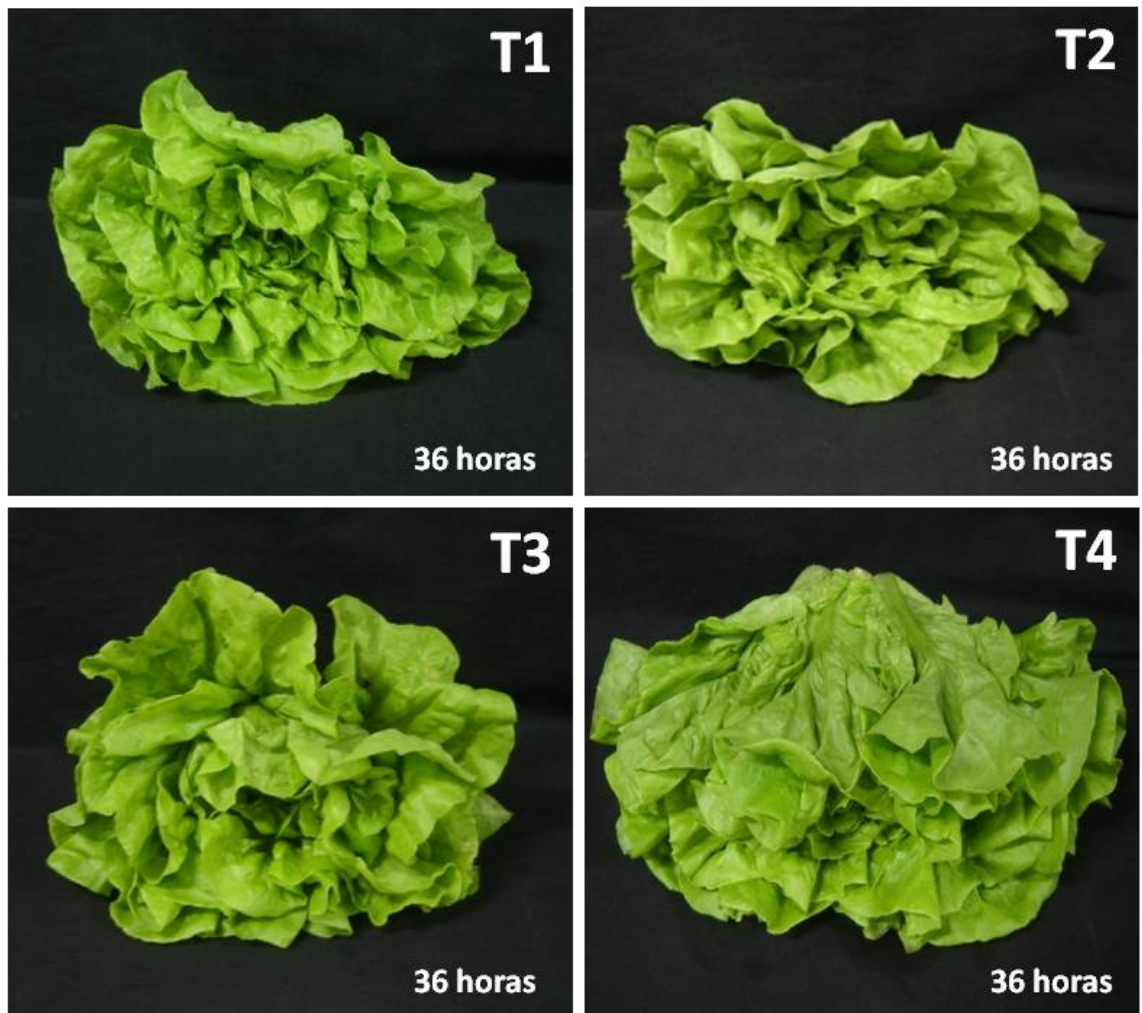


Figura 8- Aparência das alfaces da variedade ‘Vitoria de Santo Antônio’ submetidas ao hidroresfriamento e armazenadas a 5°C (T1), sem hidroresfriamento armazenadas a 5°C (T2), hidroresfriadas e armazenadas a 22°C (T3) e sem hidroresfriamento e armazenadas a 22°C (T4) às 36 horas de armazenamento.

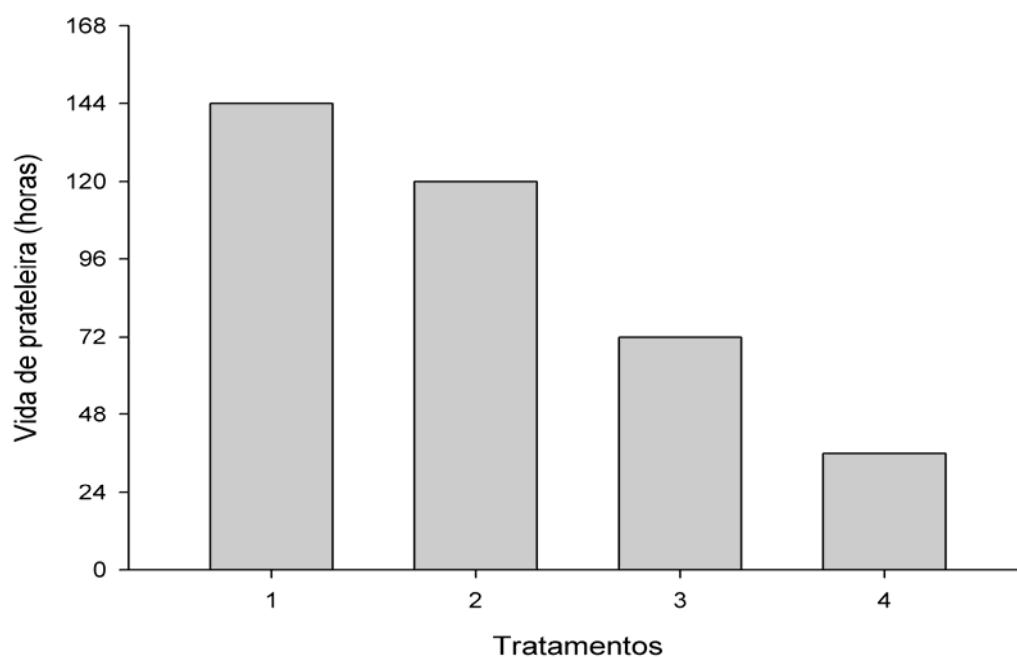


Figura 9- Vida de prateleira de alfaces solta lisa 'Vitoria de Santo Antônio' submetidas ao hidroresfriamento seguido de armazenamento a 5°C (Tratamento 1), armazenamento a 5°C sem hidroresfriamento (Tratamento 2), hidroresfriamento seguido de armazenamento a 22°C (Tratamento 3) e armazenamento a 22°C sem hidroresfriamento (Tratamento 4).

Tabela 7- Valores médios da perda de massa fresca acumulada (%) em cabeças de alface solta lisa ‘Vitoria de Santo Antônio’ submetidas ao hidrosfriamento (HR), com armazenamento a 5°C ou 22°C\*

Tempo após o tratamento (horas)	Tratamentos			
	Armazenamento a 5°C		Armazenamento a 22°C	
	c/ HR	s/ HR	c/ HR	s/HR
0	0,00 a	0,00 a	0,00 a	0,00 a
12	9,05 ab	5,00 b	14,25 a	7,65 b
24	12,49 ab	6,83 b	18,73 a	11,30 b
36	15,94 b	8,48 c	22,90 a	15,92 b
48	17,85 b	10,46 c	24,91 a	
72	21,66 b	13,99 b	34,90 a	
96	25,06 a	17,36 b		
120	28,55 a	22,67 a		
144	31,58			

\*Médias seguidas de mesma letra na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a 10% de probabilidade

As alfaces hidrosfriadas e armazenadas a 22°C exibiram perda de massa fresca significativamente maior a partir das 36 horas de armazenamento quando comparadas com as alfaces hidrosfriadas armazenadas a 5°C (Tabela 7). Esse resultado se deve ao maior gradiente de pressão de vapor do ar a 22°C, que promove maiores taxas respiratórias e transpiratórias, e conseqüentemente, maiores taxas de perda de água.

### 5.2.3- Clorofila

Não houve efeito dos tratamentos e do tempo de armazenamento pós-colheita no teor de clorofila das folhas. Não se observaram grandes alterações visuais na cor verde ao longo de todo armazenamento em nenhum dos tratamentos aplicados. Não houve diferença significativa entre os tratamentos para os teores médios de clorofila (Tabela 8). O valor médio do teor de clorofila das folhas foi de 10,5 µg/cm<sup>2</sup> nas primeiras 36 horas de armazenamento.

Tabela 8 - Valores médios dos teores de clorofila de folhas de alface solta lisa ‘Vitoria de Santo Antão’ em função do tempo pós-colheita nos tratamentos armazenados a 5 e 22°C com e sem aplicação do hidrosfriamento durante as primeiras 36 horas de armazenamento.

Tratamentos		Clorofila Total*
5°C	Com hidrosfriamento	10,32 A
	Sem hidrosfriamento	10,27 A
22°C	Com hidrosfriamento	10,61 A
	Sem hidrosfriamento	10,81 A
CV (%)		13,64

\* $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ . Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 10% de probabilidade.

#### 5.2.4- Teor relativo de água

Assim como na variedade ‘Lucy Brown’, nessa variedade não houve efeito do tempo de armazenamento sob o teor relativo de água das folhas, porém houve efeito dos tratamentos. As alfaces hidrosfriadas armazenadas a 5°C apresentaram teor relativo de água significativamente maior que seu controle sem hidrosfriamento. Quando o armazenamento foi feito a 22°C não houve efeito do hidrosfriamento no teor relativo de água das alfaces (Tabela 9). Da mesma forma que na variedade ‘Lucy Brown’, o hidrosfriamento, seguido de armazenamento a 5°C ou 22°C, foi efetivo em manter o balanço hídrico das folhas, mantendo-as hidratadas por maior período de tempo durante o armazenamento.

Tabela 9- Valores médios do teor relativo de água (TRA) em folhas de alface solta lisa ‘Vitoria de Santo Antão’, armazenadas a 5 e 22°C, com ou sem hidroresfriamento durante as primeiras 36 horas de armazenamento.

Tratamentos		TRA(%)*
5°C	Com hidroresfriamento	91,87 A
	Sem hidroresfriamento	88,75 B
22°C	Com hidroresfriamento	88,21 AB
	Sem hidroresfriamento	86,03 B
CV(%)		5,51

\*Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 10% de probabilidade

### 5.2.5- Açúcares solúveis totais, redutores e não redutores e amido

Não houve efeito dos tratamentos e da interação tratamento x tempo de armazenamento sobre o teor de açúcares solúveis totais, açúcares redutores, não redutores e amido em folhas de alface durante as primeiras 36 horas de armazenamento (Tabela 10).

Tabela 10- Equações de regressão ajustadas dos teores de açúcares solúveis totais, redutores, não redutores e amido ( $\hat{Y}$ = %) de folhas de alface solta lisa ‘Vitoria de Santo Antão’ em função do tempo de armazenamento pós-colheita (TE) em horas, no armazenamento a 5 ou 22°C nas primeiras 36 horas de armazenamento e seus coeficientes de determinação ( $R^2$ ).

Variável	Equações ajustadas	$R^2$
Açúcares Solúveis Totais	$\hat{Y} = 0,6544 - 0,006214 * TE$	0,58
Açúcares redutores	$\hat{Y} = 0,34$	
Açúcares não-redutores	$\hat{Y} = 0,300698 - 0,00541922 * TE$	0,94
Amido	$\hat{Y} = 0,434662e^{-0,477443 * TE}$	0,67

Houve redução linear no teor de açúcares solúveis totais e não redutores ao longo das primeiras 36 horas de armazenamento das alfaces (Tabela 10). Entretanto, não houve variação nos teores de açúcares redutores, com valor médio de 0,34% durante o armazenamento. Quanto aos teores de amido, observou-se queda exponencial desse carboidrato de reserva, apresentando queda significativa nas primeiras 12 horas de

armazenamento, tempo em que ocorre a maior demanda por carboidratos para suprir as altas taxas respiratórias. Observou-se também uma redução linear dos açúcares não-redutores ao longo das 36 horas de armazenamento, provavelmente pela conversão da sacarose (principal açúcar não redutor) em glicose e frutose para serem utilizados como fonte de energia na respiração. Também nessa variedade, o amido foi o carboidrato presente em maior quantidade nas folhas, em comparação aos açúcares solúveis, apesar de hortaliças folhosas não apresentarem quantidade expressiva desses carboidratos, o que reduz o potencial de armazenamento desses produtos.

## 6. CONCLUSÕES

- O tempo ideal de pré-resfriamento da alface varia com a cultivar, sendo de 10 minutos para a alface do tipo repolhuda crespa e de 5 minutos para a alface do tipo solta lisa.
- Recomenda-se o hidrosfriamento seguido de armazenamento a 5°C como prática eficiente em manter o balanço hídrico e proporcionar maior vida de prateleira das folhas da alface.
- O hidrosfriamento retardou a murcha aparente das folhas de alface em 75% do tempo de armazenamento, a 5°C, e em 50% do tempo de armazenamento, a 22°C na alface do tipo repolhuda crespa.
- O hidrosfriamento retardou a murcha aparente das folhas de alface em 20% do tempo de armazenamento, a 5°C, e em 100% do tempo de armazenamento a 22°C na alface do tipo solta lisa.
- O armazenamento refrigerado mostrou-se eficiente em reduzir temporariamente a perda de massa fresca das folhas, independentemente do pré-resfriamento.
- Independentemente do pré-resfriamento ou temperatura de armazenamento, houve redução dos teores de açúcares totais e amido durante o armazenamento.
- O teor de clorofila das folhas não foi alterado durante o período de armazenamento, sob as condições deste estudo.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, D.P.F.; VALENTE, C.S. Storage life and water loss of plain and curled leaf parsley. **Acta Horticulturae**, 682, p. 1199-1202, 2005

ÁLVARES, V.S., FINGER, F. L., SANTOS, R. C. A., SILVA, J. R., CASALI, V.W.D., Effect of pre-cooling on the postharvest of parsley leaves. **Journal of Food, Agriculture & Environment**, v. 5, n. 2, p. 31-34, 2007.

AMARANTE, C.V.T., PUSCHMANN, R. Relação entre horário de colheita e senescência em folhas de couve. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v.5, p.25-29, 1993.

ANTONIALI, S. **Resfriamento rápido com ar forçado para conservação pós-colheita de alface “crespa”**. 2000. 125 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola), Feagri – Unicamp – SP.

ASHRAE. **Handbook**: Refrigeration, Systems and Applications. Atlanta, GA: American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers, cap.14. 9 p., 1998.

BROSNAN, T.; SUN, DA-WEN. Precooling techniques and applications for horticultural products – a review. **International Journal of Refrigeration**, v. 24, p. 154-170, 2001.

CANETTI, L.; LOMANIEC, E.; ELKIND, Y.; LERS, A. Nuclease activities associated with dark-induced and natural leaf senescence in parsley. **Plant Science**, v. 163, p. 873-880, 2002

CATSKY, J. Water content. In: SLAVIK, B. **Methods of studying plant water relations**. Berlim: Springer – Verlag, 1974. p. 121-131.

CHITARRA, M.I.F., CHITARRA, A.B. **Pós-colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manuseio**. Lavras: FAEPE 1990. p. 93-102.

DEL AGUILA, J.S. HEIFFIG, L.S.; JACOMINO, A.P.; SASAKI, F.F.; KLUGE, R.A.; ORTEGA, E.M.M.O. Qualidade de rabanete minimamente processado e armazenado em embalagens com atmosfera modificada passiva e refrigeração. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 9, n. 1, p. 19-24, 2006.

DUBOIS, M.; GILLES, K. A.; HAMILTON, J. K.; REBERS, P. A.; SMITH, F. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. **Analytic Chemistry**, v. 28, p. 350-356, 1956.

FIGUEIREDO, E.B.; MALHEIROS, E.B.; BRAZ, L.T. Interação genótipos x ambiente em cultivares de alface na região de Jaboticabal. **Horticultura Brasileira**, v. 22 p. 66-71, 2004.

FINGER, F. L., ÁLVARES, V.S., SILVA, J. R., CALESTINE, C., CASALI, V.W.D., Influence of postharvest water replacement on shelf life of parsley leaves. **Journal of Food, Agriculture & Environment**, v.6, n.2, p. 116-118. 2008.

FINGER, F. L., PUSCHMANN, R.; BARROS, R. S. Effects of water loss on respiration, ethylene production and ripening of banana fruit. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**. v.7 p. 115-118, 1995.

FINGER, F.L.; ENDRES, L.; MOSQUIM, P.R.; PUIATTI, M. Physiological changes during postharvest senescence of broccoli. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 34, n. 9, p.1565-1569, 1999.

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

GAMA, F.S.N. da; MANICA, I.; KIST H.G.K.; ACCORSI, M.R. Aditivos e embalagens de polietileno na conservação do maracujá amarelo armazenado em condições de refrigeração. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.26, p. 305-310, 1991.

GILLIES, S.L.; TOIVONEN, P.M.A. Cooling method influences the postharvest quality of broccoli. **HortScience**, v. 30, p. 313-315, 1995.

HANSEN, M.E.; SORENSEN, H.; CANTWELL, M. Changes in acetaldehyde, ethanol and amino acid concentrations in broccoli florets during air and controlled atmosphere storage. **Postharvest Biology and Technology**, v. 22, p. 227–237, 2001.

HARDENBURG, R. E., WATADA, A. E., WANG, C. Y. **The commercial storage of fruits, vegetables and florist and nursery stocks**. Washington: Department of Agriculture, Agricultural Research Service, 136p. (Agricultural Handbook Number 66), 1986.

HENZ, G. P.; SUINAGA, F. **Tipos de alface cultivados no Brasil**. Comunicado Técnico Embrapa, Brasília, 2009.

IBGE **Situação da produção e área de hortaliças no Brasil, 2008** Acesso em: [http://www.cnpq.embrapa.br/paginas/hortalicas\\_em\\_numeros/hortalicas\\_em\\_numeros.htm](http://www.cnpq.embrapa.br/paginas/hortalicas_em_numeros/hortalicas_em_numeros.htm), 2009.

IMAHORI, Y.; SUZUKY, Y.; UEMURA, K.; KISHIOKA, I.; FUJIWARA, H.; UEDA, Y.; CHACHIN, K. Physiological and quality responses of Chinese chive leaves to low atmosphere. **Postharvest Biology and Technology**. v. 31, p. 295- 303, 2004.

INSKEEP, W.P.; BLOOM, P.R. Extinction coefficients of chlorophyll *a* and *b* in N, N – Dimethylformamide and 80% acetone. **Plant Physiology**, v. 7, p. 483-485, 1985.

JANICK, J. **Horticultural Science**. 4th Ed. New York: Free-man WH, 1986; p. 550-551

JIANG, W.; SHENG, Q.; ZHOU, X.-J.; ZHANG, M.-J.; LIU, X.-J. Regulation of detached coriander leaf senescence by 1- methylcyclopropene and ethylene. **Postharvest Biology and Technology**, v.26, p. 339- 345, 2002.

KAYS, S.J. **Postharvest Physiology of perishable plant products**. New York: Van Nostrand Reinhold, 1991.

- LAURIN, É.; NUNES, M.C.N.; BRECH, J.K.; ÉMOND, J.-P. Vapor pressure deficit and water loss patterns during simulated air shipment and storage of be it alpha cucumbers. **Acta Horticulturae**, v. 682, p. 1697-1703, 2005.
- LILL, R. E.; KING, G. A.; O'DONOGHUE, E. M. Physiological changes in asparagus spears immediately after harvest. **Scientia Horticulture**, v. 44, p. 191-199, 1990.
- LIPTON, W. J. Senescence of leafy vegetables. **HortScience**, v. 22, n. 5, p. 854-859, 1987.
- LOPES, M.C.; FREIER, M.; MATTE, J.C.; GÄRTNER, M.; FRANZENER, G.; NOGAROLLI, E.L.; SEVIGNANI, A. Acúmulo de nutrientes por cultivares de alface em cultivo hidropônico no inverno. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 21, n. 2, p. 211-215, 2003.
- McCREADY, R. M.; GUGGOLZ, J.; SILVEIRA, V.; et al. Determination of starch and amylase in vegetables. **Analytic Chemistry**, v. 22, p. 1156-1158, 1950.
- NELSON, N. A photometric adaptation of Somogyi method for determination of glucose. **Journal Biology Chemistry**, v.135, p.136-75, 1944.
- OLIVEIRA, A. C. B.; SEDIYAMA, M. A. N.; PEDROSA, M. W.; GARCIA, N. C. P.; GARCIA, S. L. R. Divergência genética e descarte de variáveis em alface cultivada sob sistema hidropônico. **Acta Scientiarum**, Maringá, v. 26, n. 2, p. 211-217, 2004.
- PACHECO, E.B.; HEMAIS, C.A. Mercado para produtos reciclados à base de PET/HDPE/Ionômero. **Polímeros: Ciência e Tecnologia**, v. 9, n. 4, p. 59-64, 1999.
- PAULL, R. E. Effect of temperature and relative humidity on fresh commodity quality. **Postharvest Biology and Technology**, v. 15, p. 263-277, 1999.
- PAULL, R. E.; NISHIJIMA, W.; REYES, M.; CAVALETTO, C. Postharvest handling and losses during marketing of papaya (*Carica papaya* L.). **Postharvest Biology and Technology**, v. 11, p. 165-179, 1997.
- PRANGE, R.K. **Postharvest cooling of horticultural crops**. Production technology report. Kentville, NS: Agriculture and Agri-Food Canada, Research Station, 1994. B4N1J5.
- SALA, F.C.; COSTA, C.P. 'PIRAROXÁ': Cultivar de alface crespa de cor vermelha intensa. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.23, n.1, p.158-159, 2005.
- SANTI, A.; CARVALHO, M. A. C.; CAMPOS, O. R.; SILVA, A. F.; ALMEIDA, J. L.; MONTEIRO, S. Ação de material orgânico sobre a produção e características comerciais de cultivares de alface. **Horticultura Brasileira**, v. 28, p. 87-90, 2010.
- SANTOS, C. L.; JUNIOR, S. S.; LALLA, J. G.; TEHODORO, V. C. A.; NESPOLI, A. Desempenho de cultivares de alface tipo crespa sob altas temperaturas em Cáceres-MT. **Agrian**, v. 2, n. 3, 2009.

- SANTOS, R. H. S.; SILVA, F.; CASALI, V. W. D.; CONDÉ, A. R. Conservação pós-colheita de alface cultivada com composto orgânico. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 36, n. 3, p. 521-525, 2001.
- SILVA, V.F.; BEZERRA NETO, F.; NEGREIROS, M.Z.; PEDROSA, J.F. Comportamento de cultivares de alface em diferentes espaçamentos sob temperatura e luminosidade elevadas. **Horticultura Brasileira**, n.18, p.183-187, 2000.
- SULLIVAN, G. H.; DAVENPORT, L. R.; JULIAN, J. W. **Progress in new crops: Precooling: key factor for assuring quality in new fresh market vegetable crops.** Arlington (VA): ASHS Press, p. 521-524, 1996.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal.** 3 ed. Trad. Santarém, E. R. et. al. Porto Alegre: Artmed. 719 p., 2004.
- TERUEL, B.; CORTEZ, L.; NEVES, L. Estudo comparativo do resfriamento de laranja Valência em três sistemas de resfriamento. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 5, p. 481-486, 2002.
- TOIVONEN, P. M. A., The effects of storage temperature, storage duration, hydro-cooling, and micro-perforated wrap on shelf life of broccoli (*Brassica oleracea* L., Italica Group). **Postharvest Biology and Technology**, v. 10, p. 59-65, 1997.
- VIGNEAULT, C.; CORTEZ, L. A. B. Método de resfriamento rápido com gelo. In: Cortez, L. A. B. et. al. (ed.) **Resfriamento de frutas e hortaliças.** Embrapa Hortaliças. p. 284-310, 2002.
- VILELA, N.J.; LANA, M.M.; NASCIMENTO, E.F.; MAKISHIMA, N. O peso da perda de alimentos para a sociedade: o caso das hortaliças. **Horticultura Brasileira**, v. 21, n. 2, p. 141-143, 2003.
- WATADA, A. E.; HERNER, R. C.; KADER, K. K.; ROMAMI, R. J.; STABY, G. L. Terminology for the description of developmental stages of horticultural crops. **HortScience**, v. 19, p. 20-21, 1984.
- WEATHERLEY, P.E. Studies in the water relation of cotton plant. In: **The field measurement of water deficits in leaves.** **New Phytology**, v.49, n.1, p.81-97, 1950.
- WILLS, R.; MCGLASSOM, B.; GRAHAM, D.; JOYCE, D. **Postharvest: and introduction to the physiology and handling of fruit, vegetables and ornamentals.** 4th ed. New York: CAB International, 1998.

# ANEXOS

Resumo das análises de variância de perda de massa fresca acumulada (PMA), teor de clorofila total (CLO), teor relativo de água (TRA), teor de açúcares solúveis totais (AST), teor de açúcares redutores (AR), teor de açúcares não redutores (ANR) e teor de amido (AMIDO) em alfaces do tipo repolhuda crespa, variedade ‘Lucy Brown’, durante as primeiras 48 horas de armazenamento, após aplicação dos tratamentos: T1 (hidroresfriamento seguido de armazenamento a 5°C), T2 (armazenamento a 5°C), T3 (hidroresfriamento seguido de armazenamento a 22°C) e T4 (armazenamento a 22°C). Viçosa- MG, 2011.

FV	GL	Quadrados Médios						
		PMA	CLO	TRA	AST	AR	ANR	AMIDO
Bloco	3	0,9974846	48,24665	102,6377	1,256210	1,022433	0,1218516	1,102047
Tratamento	3	63,89516	15,13215*	63,43369*	0,2863260	0,2394054	0,00910464	0,2087574
Resíduo (a)	9	0,8607690	4,190127	16,03594	0,0995459	0,1017214	0,02692604	0,1402181
Tempo	4	219,0296	19,53707	21,26114	3,176824*	0,4199802*	1,345781*	2,507716*
Tratamento x Tempo	12	7,531874*	4,813049	14,37426	0,08857993	0,04665328	0,02895046	0,2665607
Resíduo	48	0,2515969	7,941609	8,791483	0,2321416	0,09493806	0,1863068	0,2713915
C.V. (%)		10,25	38,54	3,16	24,79	25,71	57,92	19,33

\*F significativo a 5% de probabilidade

Resumo das análises de variância de perda de massa fresca acumulada (PMA), teor de clorofila total (CLO), teor relativo de água (TRA) teor de açúcares solúveis totais (AST), teor de açúcares redutores (AR), teor de açúcares não redutores (ANR) e teor de amido (AMIDO) em alfaces do tipo solta lisa, variedade ‘Vitoria de Santo Antônio’, durante as primeiras 36 horas de armazenamento, após aplicação dos tratamentos: T1 (hidroresfriamento seguido de armazenamento a 5°C), T2 (armazenamento a 5°C), T3 (hidroresfriamento seguido de armazenamento a 22°C) e T4 (armazenamento a 22°C). Viçosa- MG, 2011.

FV	GL	Quadrados Médios						
		PMA	CLO	TRA	AST	AR	ANR	AMIDO
Bloco	3	179,4994	1,919978	230,5088	0,2073635	0,2238884	0,01874833	1,267473
Tratamento	3	213,2776	1,055234	92,92204*	0,003799323	0,00039614	0,005466032	0,1820972
Resíduo (a)	9	27,72813	2,639643	11,91810	0,02831139	0,01068356	0,01435131	0,1204345
Tempo	3	737,1169	3,467282	13,36211	0,2540980*	0,06253486*	0,1198585*	4,256031*
Tratamento x Tempo	9	27,45203*	0,3437555	35,42836	0,03846735	0,008924269	0,02893197	0,1298531
Resíduo	36	8,256988	2,049799	23,89441	0,02627689	0,01319492	0,02086359	0,2670132
C.V. (%)		30,95	13,64	5,51	29,88	33,84	71,10	22,76

\*F significativo a 5% de probabilidade