

CAMILA KAREN REIS BARBOSA

**HIDRORESFRIAMENTO, EMBALAGEM E ARMAZENAMENTO
REFRIGERADO NA QUALIDADE PÓS-COLHEITA DE *Mentha piperita* L.**

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

VIÇOSA
MINAS GERAIS - BRASIL
2015

**Ficha catalográfica preparada pela Biblioteca Central da Universidade
Federal de Viçosa - Câmpus Viçosa**

T

B238h
2015
Barbosa, Camila Karen Reis, 1986-
Hidroresfriamento, embalagem e armazenamento
refrigerado na qualidade pós-colheita de *Mentha piperita* L. /
Camila Karen Reis Barbosa. – Viçosa, MG, 2015.
xii, 66f. : il. ; 29 cm.

Orientador: Vicente Wagner Dias Casali.
Tese (doutorado) - Universidade Federal de Viçosa.
Referências bibliográficas: f.62-66.

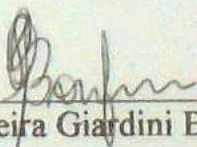
1. *Mentha piperita*. 2. Hortelã-pimenta. 3. Plantas
medicinais. 4. Hortelã-pimenta - Fisiologia pós-colheita.
5. Plantas - Embalagem. 6. Conservação. 7. Armazenamento.
8. Resfriamento. I. Universidade Federal de Viçosa.
Departamento de Fitotecnia. Programa de Pós-graduação em
Fitotecnia. II. Título.

CDD 22. ed. 583.96

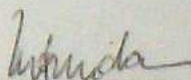
HIDRORESFRIAMENTO, EMBALAGEM E ARMAZENAMENTO
REFRIGERADO NA QUALIDADE PÓS-COLHEITA DE *Mentha piperita* L.

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

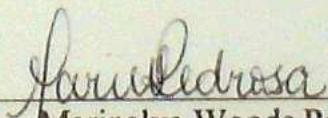
APROVADA: 16 de outubro de 2015.



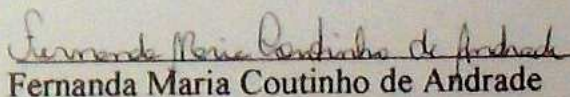
Filipe Pereira Giardini Bonfim



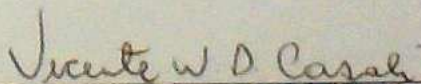
Viviane Modesto Arruda



Marinalva Woods Pedrosa



Fernanda Maria Coutinho de Andrade



Vicente Wagner Dias Casali

(Orientador)

Dedico esta tese

À minha família e amigos. Foi tudo mais simples
com vocês ao meu lado.

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador Casali e coorientadores Maira, Finger e Cecon por acreditarem na minha capacidade e me mostrarem o caminho da ciência.

Ao Ernane e Francine da Universidade Federal de Minas Gerais pela parceria de sempre.

Aos técnicos laboratoriais e demais funcionários, Geraldo, Ribeiro, Geraldinho, Camilo, Tatiane e todos aqueles que sempre se mostraram tão disponíveis.

Aos colegas de laboratório Tânia e Lucilene que sempre me ajudaram.

Aos meus amigos pessoais Idelvânia, Aline, Samuel, Rafael e tantos outros que amenizam a distância da família e confortam meu coração.

À minha família, a qual amo muito, pelo carinho de sempre. Ao meu pai Adilson, minha mãe Carmem e minha irmã Jordana. Ao João, companheiro de vida e para a vida.

SUMÁRIO

ÍNDICE DE FIGURAS.....	vi
ÍNDICE DE TABELAS.....	viii
RESUMO	xi
ABSTRACT.....	xii
I. INTRODUÇÃO.....	1
II. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	4
1. Hortelã-pimenta - <i>Mentha piperita</i> L.	4
a. Descrição botânica	4
b. Usos	5
c. Plantio e cultivo.....	5
d. Colheita	6
2. Aspectos gerais da pós-colheita de plantas frescas.....	8
a. Pré-resfriamento	8
b. Armazenamento refrigerado.....	11
c. Embalagens protetoras	13
III. MATERIAL E MÉTODOS.....	16
1. Experimento I - Qualidade pós-colheita de hortelã-pimenta fresca armazenada em temperatura ambiente, em função do hidioresfriamento e da embalagem.....	17
2. Experimento II - Qualidade pós-colheita de hortelã-pimenta fresca armazenada em ambiente refrigerado, em função do hidioresfriamento e da embalagem	17
3. Análises.....	20
a. Análise visual e vida de prateleira.....	20
b. Perda de massa de folhas frescas.....	20
c. Teor relativo de água.....	20
d. Clorofila.....	21
e. Teor de óleo essencial	21
f. Composição química do óleo essencial.....	22
g. Teor de açúcares solúveis totais	22
h. Teor de açúcares redutores	23
i. Teor de açúcares não redutores	24
j. Teor de amido	24
4. Análise estatística	24
IV. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	26

1.	Experimento I - Qualidade pós-colheita de hortelã-pimenta fresca armazenada em temperatura ambiente, em função do hidrosfriamento e da embalagem.....	26
a.	Análise Visual	26
b.	Perda de massa fresca acumulada.....	29
c.	Teor relativo de água	31
d.	Clorofila.....	33
e.	Açúcares solúveis totais	35
f.	Açúcares redutores	36
g.	Açúcares não redutores	37
h.	Amido.....	38
i.	Teor de óleo essencial	39
j.	Composição química do óleo essencial.....	40
2.	Experimento II - Qualidade pós-colheita de hortelã-pimenta fresca armazenada em ambiente refrigerado, em função do hidrosfriamento e da embalagem	44
a.	Análise Visual	44
b.	Perda de massa fresca acumulada.....	47
c.	Teor relativo de água	49
d.	Clorofila.....	51
e.	Açúcares solúveis totais	52
f.	Açúcares redutores	54
g.	Açúcares não redutores	55
h.	Amido.....	57
i.	Teor de óleo essencial	58
j.	Composição química do óleo essencial.....	58
V.	CONCLUSÕES GERAIS.....	61
VI.	BIBLIOGRAFIA	62

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 -Temperatura (°C) de ramos de hortelã-pimenta (<i>Mentha piperita</i> L.) em função do tempo de hidroresfriamento..	18
Figura 2 -Temperatura (°C) e umidade relativa do ar (%) em função do tempo..	19
Figura 3 -Temperatura (°C) e umidade relativa do ar (%) da câmara fria em função do tempo. Viçosa – MG, 2014..	19
Figura 4 -Sinais de murcha em ramos de hortelã-pimenta (<i>Mentha piperita</i> L.) sem hidroresfriamento e sem embalagem seis horas após a colheita, sendo: SE, sem embalagem; HR, hidroresfriamento; EP, embalagem perfurada e E, embalagem não perfurada..	27
Figura 5 -Amarelecimento (indicado pelas setas azuis) e apodrecimento (indicado pelas setas vermelhas) de folhas de hortelã-pimenta (<i>Mentha piperita</i>) submetidas à hidroresfriamento, sendo A, ainda dentro da embalagem e B, fora da embalagem..	28
Figura 6 -Perda de massa acumulada de folhas frescas hortelã-pimenta (<i>Mentha piperita</i> L.) armazenada em temperatura ambiente submetida a hidroresfriamento e embalagens, em função do tempo, sendo: HR, hidroresfriamento; EP, embalagem perfurada e E, embalagem não perfurada..	30
Figura 7 -Equações ajustadas do teor relativo de água (%) de hortelã-pimenta (<i>Mentha piperita</i> L.) armazenada em temperatura ambiente submetida a hidroresfriamento e embalagens em função do tempo, sendo: HR, hidroresfriamento; EP, embalagem perfurada e E, embalagem não perfurada..	33
Figura 8 -Equações ajustadas do índice SPAD de folhas de hortelã-pimenta (<i>Mentha piperita</i> L.) armazenada em temperatura ambiente submetida a hidroresfriamento e embalagens, em função do tempo (horas), sendo: HR, hidroresfriamento; EP, embalagem perfurada e E, embalagem não perfurada..	34
Figura 9 -Equações ajustadas do teor de óleo essencial (%) de hortelã-pimenta (<i>Mentha piperita</i> L.) armazenada em temperatura ambiente submetida a hidroresfriamento e embalagens em função do tempo, sendo: HR, hidroresfriamento; EP, embalagem perfurada e E, embalagem não perfurada..	39
Figura 10 -Cromatograma de íons totais obtidos através da análise de cromatografia gasosa acoplada a espectrometria de massas (CG-EM) do óleo essencial de menta extraído das folhas acondicionadas em embalagem plástica não perfurada sem hidroresfriamento. O número, em negrito, sobre cada pico refere-se aos compostos detectados de acordo com a tabela 15..	40

Figura 11 -Cromatograma de íons totais obtidos através da análise de cromatografia gasosa acoplada a espectrometria de massas (CG-EM) do óleo essencial de hortelã-pimenta extraído das folhas acondicionadas em embalagem plástica não perfurada sem hidroresfriamento.....	40
Figura 12 -Esquema da (R)-Pulegona, incluindo as estruturas do 2-hidroximentofurano, (+)-isomentalactona e (-)-mentalactona.....	43
Figura 13 -Embaçamento em embalagens PET não perfuradas (indicado pela seta) em comparação à embalagem perfurada (EP+HR) e ramos não embalados (HR) de hortelã-pimenta (<i>Mentha piperita</i> L.).....	46
Figura 14 -Perda de massa fresca acumulada de folhas frescas de hortelã-pimenta (<i>Mentha piperita</i> L.) armazenada em ambiente refrigerado submetida a hidroresfriamento e embalagens, em função do tempo, sendo: SE, sem embalagem; HR, hidroresfriamento; EP, embalagem perfurada e E, embalagem não perfurada..	48
Figura 15 -Equações ajustadas do índice SPAD de folhas de hortelã-pimenta (<i>Mentha piperita</i> L.) armazenadas em ambiente refrigerado submetidas a hidroresfriamento e embalagens, em função do tempo (horas), sendo: HR, hidroresfriamento; EP, embalagem perfurada e E, embalagem não perfurada.	52
Figura 16 -Cromatograma de íons totais obtidos através da análise de cromatografia gasosa acoplada a espectrometria de massas (CG-EM) do óleo essencial de menta extraído de folhas embaladas em embalagens sem perfuração e sem hidroresfriamento, acondicionadas em ambiente refrigerado.....	59
Figura 17 -Cromatograma de íons totais obtidos através da análise de cromatografia gasosa acoplada a espectrometria de massas (CG-EM) do óleo essencial de menta extraído de folhas embaladas em embalagens sem perfuração e sem hidroresfriamento, acondicionadas em ambiente refrigerado.....	59

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1- Comparação dos métodos de pré-resfriamento por meio de cinco variáveis.	11
Tabela 2- Análise química do solo e esterco bovino utilizado para cultivo de <i>M. piperita</i> L.	16
Tabela 3- Quadro da análise de variância para perda de massa fresca acumulada (PM), clorofila, açúcares solúveis totais (AST), açúcares redutores (RED) e amido (AM) de ramos de hortelã-pimenta (<i>Mentha piperita</i> L.) armazenados em diferentes tipos de embalagem com ou sem hidroresfriamento em função do tempo..	26
Tabela 4- Vida de prateleira de hortelã-pimenta (<i>Mentha piperita</i> L.) armazenada em temperatura ambiente em função do tipo de embalagem e do hidroresfriamento, sendo:SE, sem embalagem;HR, hidroresfriamento;EP, embalagem perfurada e E, embalagem não perfurada.	26
Tabela 5- Perda de massa fresca acumulada (%) de hortelã-pimenta (<i>Mentha piperita</i> L.) armazenada em temperatura ambiente em função do tipo de embalagem e do hidroresfriamento, sendo: HR, hidroresfriamento; EP, embalagem perfurada e E, embalagem não perfurada..	29
Tabela 6- Quadro da análise de variância para teor relativo de água (TRA) de folhas frescas de hortelã-pimenta (<i>Mentha piperita</i> L.) armazenados em diferentes tipos de embalagem com ou sem hidroresfriamento em função do tempo..	31
Tabela 7- Teor relativo de água (%) de hortelã-pimenta fresca (<i>Mentha piperita</i> L.) armazenada em temperatura ambiente em função do tipo de embalagem e do hidroresfriamento, sendo: HR, hidroresfriamento; EP, embalagem perfurada e E, embalagem não perfurada..	32
Tabela 8- Teor de clorofila (SPAD) de hortelã-pimenta (<i>Mentha piperita</i> L.) armazenada em temperatura ambiente em função do tipo de embalagem e do hidroresfriamento, sendo: HR, hidroresfriamento; EP, embalagem perfurada e E, embalagem não perfurada..	34
Tabela 9- Teor de açúcares solúveis totais (%) de hortelã-pimenta (<i>Mentha piperita</i> L.) armazenada em temperatura ambiente em função do tipo de embalagem e do hidroresfriamento, sendo: HR, hidroresfriamento; EP, embalagem perfurada e E, embalagem não perfurada..	35
Tabela 10- Equações ajustadas do teor de açúcares solúveis totais (%) de hortelã-pimenta (<i>Mentha piperita</i> L.) armazenada em temperatura ambiente submetida a hidroresfriamento e embalagens em função do tempo, sendo: SE, sem embalagem; HR, hidroresfriamento; EP, embalagem perfurada e E, embalagem não perfurada.....	36
Tabela 11- Teor de açúcares redutores (%) de hortelã-pimenta (<i>Mentha piperita</i> L.) em função do tipo de embalagem e do hidroresfriamento, sendo: HR, hidroresfriamento; EP, embalagem perfurada e E, embalagem não perfurada.....	37
Tabela 12- Equações ajustadas do teor de açúcares redutores (%) de hortelã-pimenta (<i>Mentha piperita</i> L.) armazenada em temperatura ambiente submetida a hidroresfriamento e embalagens em função do tempo, sendo: SE, sem embalagem; HR, hidroresfriamento; EP, embalagem	

perfurada e E, embalagem não perfurada.....	37
Tabela 13 -Teor de amido (%) de hortelã-pimenta (<i>Mentha piperita</i> L.) em função do tipo de embalagem e do hidrosfriamento, sendo: HR, hidrosfriamento; EP, embalagem perfurada e E, embalagem não perfurada.	38
Tabela 14 -Equações ajustadas do teor de amido (%) de hortelã-pimenta (<i>Mentha piperita</i> L.) armazenada em temperatura ambiente, submetida a hidrosfriamento e embalagens em função do tempo, sendo: SE, sem embalagem; HR, hidrosfriamento; EP, embalagem perfurada e E, embalagem não perfurada..	38
Tabela 15 -Compostos identificados por CG-EM do óleo essencial de hortelã-pimenta e respectivos íons característicos.	41
Tabela 16 -Compostos identificados por cromatografia gasosa acoplado a espectrômetro de massas do óleo essencial de hortelã-pimenta nos tratamentos, sendo: SE, sem embalagem; HR, hidrosfriamento; EP, embalagem perfurada e E, embalagem não perfurada..	41
Tabela 17 -Quadro da ANOVA para perda de massa fresca acumulada (PM), clorofila, açúcares solúveis totais (AST), açúcares redutores (RED), açúcares não redutores (NRED) e amido (AM) de folhas de hortelã-pimenta (<i>Mentha piperita</i> L.) armazenados em ambiente refrigerado em diferentes tipos de embalagem com ou sem hidrosfriamento em função do tempo.....	44
Tabela 18 -Vida de prateleira de hortelã-pimenta (<i>Mentha piperita</i> L.) armazenada em ambiente refrigerado em função do tipo de embalagem e do hidrosfriamento, sendo:SE, sem embalagem;HR, hidrosfriamento;EP, embalagem perfurada e E,embalagem não perfurada..	45
Tabela 19 -Perda de massa fresca acumulada (%) de folhas frescas de hortelã-pimenta (<i>Mentha piperita</i> L.) armazenada em ambiente refrigerado, em função do tipo de embalagem e do hidrosfriamento, sendo: HR, hidrosfriamento; EP, embalagem perfurada e E, embalagem não perfurada.....	47
Tabela 20 -Quadro da análise de variância para teor relativo de água (TRA) de ramos de menta (<i>Mentha x piperita</i> L.) armazenados em ambiente refrigerado em diferentes tipos de embalagem com ou sem hidrosfriamento em função do tempo.....	49
Tabela 21 -Teor relativo de água (TRA=%) de hortelã-pimenta (<i>Mentha piperita</i> L.) armazenada em ambiente refrigerado, em função do tipo de embalagem e do hidrosfriamento, sendo: HR, hidrosfriamento; EP, embalagem perfurada e E, embalagem não perfurada..	50
Tabela 22 -Equações ajustadas do teor relativo de água (%) de hortelã-pimenta (<i>Mentha piperita</i> L.) armazenada em ambiente refrigerado submetida a hidrosfriamento e embalagens em função do tempo, sendo: SE, sem embalagem; HR, hidrosfriamento; EP, embalagem perfurada e E, embalagem não perfurada.	50
Tabela 23 -Teor de clorofila (SPAD) de hortelã-pimenta (<i>Mentha piperita</i> L.) armazenada em ambiente refrigerado, em função do tipo de embalagem e do hidrosfriamento, sendo: HR,	

hidroresfriamento; EP, embalagem perfurada e E, embalagem não perfurada.....	51
Tabela 24 -Teor de açúcares solúveis totais (%) de hortelã-pimenta (<i>Mentha piperita</i> L.) armazenada em ambiente refrigerado, em função do tipo de embalagem e do hidroresfriamento, sendo: HR, hidroresfriamento; EP, embalagem perfurada e E, embalagem não perfurada.....	53
Tabela 25 -Equações ajustadas do teor de açúcares solúveis totais (%) de hortelã-pimenta (<i>Mentha piperita</i> L.) armazenada em ambiente refrigerado, submetida a hidroresfriamento e embalagens, em função do tempo, sendo: SE, sem hidroresfriamento; HR, hidroresfriamento; EP, embalagem perfurada e E, embalagem não perfurada.....	53
Tabela 26 -Teor de açúcares redutores (%) de hortelã-pimenta (<i>Mentha piperita</i> L.) armazenada em ambiente refrigerado, em função do tipo de embalagem e do hidroresfriamento, sendo: HR, hidroresfriamento; EP, embalagem perfurada e E, embalagem não perfurada.....	54
Tabela 27 -Equações ajustadas do teor de açúcares redutores (%) de hortelã-pimenta (<i>Mentha piperita</i> L.) armazenada em ambiente refrigerado, submetida a hidroresfriamento e embalagens, em função do tempo, sendo: SE, sem embalagem; HR, hidroresfriamento; EP, embalagem perfurada e E, embalagem não perfurada.....	55
Tabela 28 -Teor de açúcares não redutores (%) de hortelã-pimenta (<i>Mentha piperita</i> L.) armazenada em ambiente refrigerado, em função do tipo de embalagem e do hidroresfriamento, sendo: HR, hidroresfriamento; EP, embalagem perfurada e E, embalagem não perfurada.....	56
Tabela 29 -Equações ajustadas do teor de açúcares não redutores (%) de hortelã-pimenta (<i>Mentha piperita</i> L.) armazenada em ambiente refrigerado, submetida a hidroresfriamento e embalagens em função do tempo, sendo: SE, sem embalagem; HR, hidroresfriamento; EP, embalagem perfurada e E, embalagem não perfurada.....	56
Tabela 30 -Teor de amido (%) de hortelã-pimenta (<i>Mentha piperita</i> L.) armazenada em ambiente refrigerado, em função do tipo de embalagem e do hidroresfriamento, sendo: HR, hidroresfriamento; EP, embalagem perfurada e E, embalagem não perfurada.....	57
Tabela 31 -Equações ajustadas do teor de amido (%) de hortelã-pimenta (<i>Mentha piperita</i> L.) armazenada em ambiente refrigerado, submetida a hidroresfriamento e embalagens, em função do tempo, sendo: SE, sem embalagem; HR, hidroresfriamento; EP, embalagem perfurada e E, embalagem não perfurada.....	58
Tabela 32 -Equações ajustadas do teor de óleo essencial (%) de hortelã-pimenta (<i>Mentha piperita</i> L.) armazenada em ambiente refrigerado, submetida a hidroresfriamento e embalagens, em função do tempo, sendo: SE, sem embalagem; HR, hidroresfriamento; EP, embalagem perfurada e E, embalagem não perfurada.....	58
Tabela 33 -Compostos identificados por cromatografia gasosa acoplado a espectrômetro de massas (CG-EM) do óleo essencial de menta nos tratamentos, sendo: SE, sem embalagem; HR, hidroresfriamento; EP, embalagem perfurada e E, embalagem não perfurada.....	60

RESUMO

BARBOSA, Camila Karen Reis, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, outubro de 2015. **Hidroresfriamento, embalagem e armazenamento refrigerado na qualidade pós-colheita de *Mentha piperita* L.** Orientador: Vicente Wagner Dias Casali. Coorientadores: Maira Christina Marques Fonseca, Fernando Luiz Finger e Paulo Roberto Cecon.

O trabalho objetivou avaliar os efeitos do hidroresfriamento e da embalagem de politereftalato de etileno (PET) perfurada e não perfurada na qualidade pós-colheita de folhas de hortelã pimenta (*Mentha piperita*) armazenadas em temperatura ambiente e sob refrigeração. Foi determinada a vida de prateleira, os teores de clorofila, a perda de massa fresca (PM), o teor relativo de água (TRA), os teores de açúcares solúveis totais (AST), redutores (RED), não redutores (NRED), amido das folhas, o teor e a composição do óleo essencial. O armazenamento refrigerado aumentou em até 64 vezes (>15 dias) a vida de prateleira de hortelã-pimenta. O hidroresfriamento aumentou o TRA das folhas. A embalagem plástica foi efetiva no aumento da vida de prateleira de hortelã-pimenta sendo eficiente na manutenção dos TRA das folhas. A embalagem não perfurada foi mais eficiente na prevenção da PM. O teor de clorofila das folhas variou de acordo com o tratamento. AST, RED, NRED, amido e teor de óleo essencial variaram de acordo com TRA nas folhas. O hidroresfriamento juntamente com utilização de embalagem não perfurada foi o método mais eficiente na manutenção da qualidade pós-colheita de hortelã-pimenta.

ABSTRACT

BARBOSA, Camila Karen Reis, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, October, 2015.

Hidrocooling, packing e cold storage on postharvest quality of *Mentha piperita* L.

Adviser: Vicente Wagner Dias Casali. Co-advisers: Maira Christina Marques Fonseca, Fernando Luiz Finger and Paulo Roberto Cecon.

The goal of this study was to assess the effects of hydrocooling and pack, perforated and unperforated, on the postharvest quality peppermint (*Mentha piperita*) leaves stored at 5 and 25°C. The shelflife, leaf chlorophyll content, mass loss (ML), relative water content (RWC), soluble sugars levels, reducing (RED), non-reducing, starch, level and composition of essential oil were determined. The cold storage increased 64x (>15 days) the shelf life of peppermint. The hydrocooling increased RWC in leaves. Plastic packaging was effective in maintenance of RWC. Unperforated packages more effectively prevented ML in the peppermint leaves and prevented the leaves from wilting for a longer period of time. The leaf chlorophyll content increase or decrease according to the treatment. The soluble sugars, starch and oil levels varied according to RWC. The hydrocooling and unperforated plastic packages were the most effective method on quality maintenance postharvest peppermint.

I. INTRODUÇÃO

A demanda pelas ervas medicinais, aromáticas e condimentares cresce continuamente em função da própria eficácia, dos efeitos colaterais de medicamentos quimio-sintéticos e até mesmo por modismos. São tema de interesse de químicos, farmacêuticos, biólogos e agrônomos (SILVA e CASALI, 2000).

Uma lista com 71 espécies vegetais foi divulgada pelo Ministério da Saúde por apresentarem potencial para gerar produtos de interesse ao Sistema Único de Saúde (SUS). A Relação Nacional de Plantas Medicinais de Interesse ao SUS (Rennis) tem como finalidade orientar estudos e pesquisas que possam contribuir para elaboração de fitoterápicos para uso da população de modo seguro e eficaz. A *Mentha piperita* L. é uma das espécies constantes na lista (BRASIL, 2009).

A *Mentha piperita* L. é uma espécie aromática rica em óleos essenciais e difundida como alimento, cosmético, tempero e medicamento. Há relatos da eficácia da espécie no controle da cólica infantil (ALVES et al., 2012), redução de náuseas e vômitos induzidos pela quimioterapia (TAYARANI-NAJARAN et al., 2013) e outras indicações.

Os óleos essenciais são metabólitos secundários elaborados nas folhas e armazenados nos espaços extracelulares entre a cutícula e a parede celular principalmente de plantas superiores. São definidos pela mistura complexa de cem ou mais compostos orgânicos, os quais conferem às plantas aroma característico. Seus constituintes variam desde hidrocarbonetos terpênicos, álcoois simples e terpênicos, aldeídos, cetonas, fenóis, ésteres, óxidos, peróxidos, furanos, ácidos orgânicos, lactonas, cumarinas até compostos como enxofre sendo algum deles o componente majoritário, normalmente um fenilpropanoide ou terpenoide. Em sua maioria são voláteis, lipofílicos, líquidos e, em alguns casos, odoríferos (MARTINS et al., 1994; WATERMAN, 1993). Grande parte do uso está associado a medicamentos analgésicos, antissépticos, sedativos, expectorantes, estimulantes, estomáquicos, etc. (SILVA e CASALI, 2000).

Martins et al. (1994) recomendam que plantas contendo óleos essenciais recebam especial atenção na colheita, secagem e, principalmente, na armazenagem a fim de evitar a perda dos constituintes ativos em virtude da sua localização e propriedades físicas. O processamento pós-colheita, devido ao intenso manuseio, invariavelmente aumenta a taxa metabólica vegetal e torna o produto mais susceptível ao ataque de microrganismos e às condições adversas do ambiente. Além disso, a preparação

inadequada pode inativar ou transformar os princípios ativos em produtos tóxicos (BOTSARIS, 2002). Por isso, o conhecimento acerca das estruturas secretoras dos óleos essenciais é muito importante na determinação dos cuidados durante colheita e pós-colheita, o que torna agricultores também responsáveis pela qualidade e eficácia dos medicamentos (SILVA e CASALI, 2000).

O Ministério da Saúde realiza diversas ações para a implantação da Política e do Programa Nacional de Plantas Medicinais e Fitoterápicos e para a inserção de Plantas Medicinais e da Fitoterapia no SUS. Tais ações envolvem o conhecimento tradicional/popular, a informação/comunicação, a regulamentação, o financiamento, os recursos humanos e a pesquisa e desenvolvimento tecnológico. De 2003 a 2008 o Ministério da Saúde, por meio do Departamento de Ciência e Tecnologia financiou 79 projetos na área de Fitoterapia para os quais foram destinados cerca de R\$ 10 milhões. Toda a cadeia produtiva das espécies é alvo das pesquisas financiadas, incluindo o beneficiamento e manejo pós-colheita de plantas secas ou frescas (in natura) (BRASIL, 2009). Além disso, a Portaria Nº. 886/GM/MS, de 20 de abril de 2010 institui a Farmácia Viva no âmbito do SUS e deverá realizar todas as etapas, desde o cultivo, a coleta, o processamento, o armazenamento de plantas medicinais, a manipulação e a dispensação de preparações magistrais e oficinais de plantas medicinais e fitoterápicos.

Atualmente, após a colheita e seleção, as plantas medicinais seguem basicamente três destinos distintos: a comercialização das plantas frescas; a extração dos componentes ativos por solventes, destilação ou outros processos químicos e; a conservação por meio da secagem (MARTINS et al., 1994; SILVA e CASALI, 2000).

Quanto ao consumo das plantas medicinais na forma fresca predomina a colheita de pequenas quantidades visando o uso caseiro na forma de chás, xaropes, pomadas e tinturas. Nesses casos, a planta deve ser utilizada o mais rápido possível. Em outros momentos, as plantas são comercializadas em supermercados e feiras ou têm sido fornecidas diretamente a restaurantes.

A manutenção das hortaliças em estado comercializável é determinada pela combinação de fatores internos e externos aos órgãos vegetais (FINGER e VIEIRA, 1997) os quais afetam muitos processos metabólicos da hortaliça, como a respiração e a transpiração. Muitos procedimentos pós-colheita têm a capacidade de reduzir a taxa respiratória e a perda de água dos produtos hortícolas e por consequência reduzir também o ataque de patógenos e as desordens fisiológicas (GORINI, 1987) e, consequentemente aumentar a vida de prateleira das hortaliças.

O manejo pós-colheita é considerado enorme problema que a horticultura brasileira tem que superar. Faltam conhecimento e tecnologias pós-colheita que visem à redução de perdas. Algumas simples técnicas permitem a manutenção da qualidade do produto por maior tempo na prateleira e com baixo custo, dentre eles o armazenamento refrigerado, embalagens protetoras, atmosferas controladas/modificadas, reidratação e pré-resfriamento.

Pelo exposto, o objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito do hidroresfriamento, da embalagem e do armazenamento refrigerado sobre a qualidade pós-colheita de *Mentha piperita* L.

II. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

1. Hortelã-pimenta - *Mentha piperita* L.

Mentha piperita L. pertence à família Lamiaceae. Originária da Europa e norte da África é amplamente cultivada no Brasil. É um híbrido proveniente do cruzamento de *Mentha aquatica* L. com *Mentha viridis* L. Sinonímia botânica: *Mentha citrata* Ehrh. Conhecida também por hortelã-pimenta, menta, menta-inglesa, menta-apimentada, menta-das-cozinhas, menta-inglesa e sândalo (GRANDI, 2014).

a. Descrição botânica

Erva anual ou perene, aromática, de cerca de 50 cm de altura, ereta, com ramos de cor verde escura a roxa purpúrea. Caule de secção quadrangular. Folhas opostas, elíptico-acuminadas, denteadas e pubescentes. Flores lilases reunidas em glomérulos axilares. Os frutos são tetraquênios que raramente se formam, uma vez que a planta se propaga vegetativamente. Os estolões, de secção quadrangular, crescem abaixo e acima da superfície do solo em todas as direções. É rica em cânfora, tanino, ácidos orgânicos, flavonóides, vitaminas C e D e em destaque o óleo essencial rico em mentol, mentona e mentofurano (GRANDI, 2014).

De acordo com Clark e Menary (1981), a composição do óleo desejável contém pouca ou nenhuma pulegona e mentofurano. E, de acordo com estes autores, esse óleo pode ser obtido apenas em algumas regiões em resposta à interação de inúmeras condições ambientais. De acordo com Lange et al. (2011), a engenharia metabólica é uma alternativa para o aumento da produção e melhoria de composição do óleo essencial de *M. piperita*. Para isso, manipulam-se os níveis de genes envolvidos nas expressões da via do 2C-methyl-D-erythritol 4-phosphate (MEP). Alguns estudos têm sido realizados sem muito sucesso, no entanto, os autores obtiveram sucesso com a expressão do antisenso da (+)-menthofuransynthase, o que resultou em aumento em 61% de rendimento de óleo quando comparado ao tipo selvagem e baixos níveis de metabólitos secundários indesejáveis. A cultura de tecidos têm obtido plantas com ausência total de pulegona e mentofurano. Neste estudo, o óleo essencial foi enriquecido em voláteis típicos, tais como 1,8-cineol, mentol, acetato menthyl, carvona, que foram encontrados também nas plantas-mãe. Assim, o calo estabelecido pode ser considerado

como uma potencial fonte de um óleo essencial de hortelã-pimenta que não contenha pulegona ou mentofurano (BERTOLI et al., 2012).

b. Usos

A espécie é comumente difundida como alimento, cosmético, tempero e medicamento. Medicinalmente é utilizada como antiespasmódica, carminativa, estimulante e vermífuga (GRANDI, 2014). Há relatos ainda da eficácia no controle da cólica infantil (ALVES et al., 2012), redução de náuseas e vômitos induzidos pela quimioterapia (TAYARANI-NAJARAN et al., 2013). Outros usos têm sido relatados na literatura. No controle do mosquito transmissor da dengue, *Aedes aegypti* L., o óleo essencial de *M. piperita* foi eficiente larvicida e repelente (KUMAR et al., 2011). O óleo essencial se mostrou potente antifúngico podendo ser utilizado no tratamento de infecções humanas, em plantas ou em animais como também no prolongamento do prazo de validade de produtos alimentícios (SOKOVIĆ et al., 2009; SAHARKHIZ et al., 2012). Alguns bons resultados antimicrobianos positivos também foram encontrados por Bassolé et al. (2010).

c. Plantio e cultivo

A primeira etapa do cultivo de hortelã-pimenta compreende a produção de mudas que é realizada em viveiro. O plantio pode ser feito por sementes, mas é multiplicada também por partes de seus estolões, ou seja, por divisão de touceiras (GRANDI, 2014).

Todas as espécies de menta sofrem hibridização entre si, formando novos quimiótipos, por isso, não devem ser cultivadas com proximidade entre si. Os canteiros devem estar localizados em terrenos drenados e ensolarados. O solo recomendado à produção da hortelã-pimenta deve ser de natureza arenosa, fértil, permeável, rico em matéria orgânica, protegido de ventos frios e de geadas (GRANDI, 2014). O espaçamento normalmente utilizado deve ser de 0,6 a 0,9 m entre linhas e 0,2 a 0,35 m entre plantas.

Durante os meses de inverno, a planta apresenta crescimento lento, mesmo havendo água em abundância. Em solos profundos e secos, ocorre murcha e secamento das hastes e também dos rizomas superficiais, ficando conservados apenas os estolões encontrados em camadas mais frescas do solo. De setembro em diante, com

temperaturas mais elevadas e dias mais longos, a vegetação se intensifica, as hastes da hortelã-pimenta crescem eretas para depois de 3 a 4 meses atingirem o máximo da altura e iniciarem o florescimento.

O crescimento e a produção de óleo da hortelã-pimenta são influenciados pelo fotoperíodo. Dias curtos causam plantas decumbentes, folhas pequenas e muitos estolhos, enquanto que nos dias longos as plantas são eretas, folhas são maiores e há maior produção de óleo essencial. Além disso, plantas cultivadas sob condições de dia longo contêm mentol, mentona e somente traços de mentofurano e plantas desenvolvidas sob condições de dia curto apresentam o mentofurano como constituinte majoritário do óleo essencial.

A cultura da hortelã-pimenta é sensível à falta de luminosidade e havendo excesso de folhagem, pode ser necessário realizar podas/colheitas, de modo a impedir o estresse por abafamento e consequente perda de folhas.

d. Colheita

Em geral, a passagem da fase de desenvolvimento vegetativo para a fase reprodutiva (florescimento) representa ponto de inversão quando a planta deixa de acumular biomassa e passa a canalizar sua energia na produção de sementes. No caso de *Mentha arvensis* a porcentagem máxima de mentol, componente de maior interesse no óleo, é atingida quando a planta está em início da floração podendo a mesma analogia ser adotada na espécie à *M. piperita*.

Curt et al. (1993) obteve variações da quantidade e qualidade de óleo essencial em função da época de colheita. Maiores produções de óleo foram encontradas no final de agosto e início de setembro. Em plantas maduras, foram maiores os teores de mentol, neomentol e metil acetato, enquanto em plantas imaturas as concentrações mais elevadas no óleo essencial foram de mentona e isomentona. No florescimento, estiveram mais presentes o mentofurano e pulegona.

Alguns cuidados devem ser tomados durante a colheita, visando preservar a integridade das partes colhidas e diminuir a perda de princípio ativo. A sensibilidade das espécies como a hortelã-pimenta em relação à colheita está bem caracterizada devido à localização das estruturas secretoras a armazenadoras de óleo essencial como pêlos glandulares (tricomas) na superfície das folhas. Por isso, deve-se colher as folhas com tesoura de poda e não amassá-las durante a colheita, transporte e armazenamento (SILVA E CASALI, 2000; MARTINS et al. 1994).

A colheita deve ser realizada em dias secos, no período da manhã, para que o material colhido não receba insolação forte, o que ocasionaria a volatilização dos compostos do óleo essencial, ainda no campo. Além disso, não é indicada colheita de plantas úmidas, tendo em vista a possibilidade de ocorrência de fermentações, altamente prejudiciais à qualidade do óleo essencial, além de que a quantidade ser bem menor do que em plantas colhidas secas.

2. Aspectos gerais da pós-colheita de plantas frescas

Casali et al. (2015) faz uma revisão sobre cultivo e pós-colheita de plantas medicinais e inclui um capítulo exclusivo à pós-colheita de espécies consumidas na forma fresca. Dentre as metodologias citadas, encontram-se o pré-resfriamento, embalagem e armazenamento refrigerado. Tais métodos são adaptações do que é encontrado na literatura como indicação para frutas e hortaliças.

a. Pré-resfriamento

O rápido resfriamento que antecede o armazenamento é denominado pré-resfriamento e é essencial na remoção do calor de campo do produto quando recém colhidos e particularmente benéfico aos produtos altamente perecíveis. É recomendável temperaturas entre 0,5 e 7,5°C aos produtos não susceptíveis à injúria por frio e entre 13 e 15°C aos produtos susceptíveis. Esse processo permite o decréscimo gradual da temperatura sem que ocorra o choque térmico. A taxa de resfriamento depende primeiramente da taxa de transferência de calor entre o produto e o meio refrigerante e da respectiva diferença de temperatura, da natureza do meio refrigerante e da condutividade térmica do produto. Depois de armazenado, a temperatura do produto tende a entrar em equilíbrio com a temperatura ambiente e a taxa respiratória decresce (WILLS et al., 2007).

Além da menor taxa respiratória, o pré-resfriamento previne a perda de qualidade resultante do amolecimento causado pela degradação enzimática, previne murcha pela redução ou inibição da perda de água, inibe crescimento microbiano, reduz taxa de produção e sensibilidade ao etileno (KANLAYANARAT et al., 2009).

De acordo com Gast e Flores (1991), o pré-resfriamento elimina até 7/8 ou 88% do calor de campo do produto. O resfriamento adicional é limitado pelo tempo e pela energia demandada na redução até condições ideais de armazenamento. Barbosa et al. (2015) obteve redução de 72,7% na temperatura inicial de folhas de ora-pro-nobis (*Pereskia aculeata* Mill.). Em trabalho realizado por Álvares et al. (2007) com salsinha (*Petroselinum crispum*), a redução foi apenas 43%.

Há vários métodos de pré-resfriamento, nos quais podem ser utilizados como meio refrigerante o ar frio (câmara fria, ar forçado ou ar pressurizado), a água (hidroresfriamento), o gelo e o pré-resfriamento a vácuo. De maneira geral, a seleção do método mais apropriado de pré-resfriamento varia com: a temperatura que o produto foi

colhido; a estrutura e fisiologia do produto e a vida de prateleira desejada (WILLS et al., 2007).

A câmara fria é comumente utilizada e vantajosa aos produtos que serão armazenados por longo período no mesmo local de resfriamento. Dentre os exemplos são incluídos: flores, batatas, batatas doce, maçãs e pêras. Neste método, o ar gelado passa sobre o produto e o resfria lentamente, lentidão que configura como desvantagem do método aplicado a alguns produtos. Nestes, há excessiva perda de água quando comparada à métodos de resfriamento rápidos. Além disso, o sistema exige espaços vazios entre os containers possibilitando a passagem de ar gelado. Assim, a desvantagem do método é a necessidade de maior espaço quando comparado à outros métodos (WILLS et al., 2007). Nos produtos embalados são necessários dias até alcançar a temperatura desejada, enquanto nos produtos não embalados, o resultado pode ser relativamente rápido se houver adequada exposição do produto ao ar frio (THOMPSON et al., 2002).

O ar forçado é o método adaptável a maior variedade de produtos e utilizado em abacaxi, abacate, melão, abóbora, banana, manga, coco, berinjela, quiabo, uva, laranja, morango, couve, mamão, carambola, goiaba, maracujá, tangerina, mandioca, kiwi, pimentão, tomate, graviola, caqui, romã e lichia (KANLAYANARAT et al., 2009). O método de ar forçado é muito mais rápido e uniforme que a câmara fria, pois movimenta o ar dentro dos “containers” e não somente ao redor (THOMPSON et al., 2002). De acordo com Wills et al. (2007), a velocidade do método corresponde à um terço ou até um quarto do tempo demandado na câmara fria. A velocidade do resfriamento deste método varia com o volume de ar frio insulado, no entanto, quanto maiores as taxas, maior o consumo de energia (THOMPSON et al., 2002). Nas hortaliças folhosas, a velocidade do ar deve ser reduzida ou nula a fim de evitar a dessecação. De acordo com os autores, a condensação não é problema do método, pois o ar é progressivamente aquecido ao passar pelo produto, o que aumenta sua capacidade de retenção de água. O que não ocorre na câmara fria, onde o vapor de água da transpiração pode condensar no exterior do produto, causando danos.

O método hidroresfriamento utiliza água refrigerada. É adequado aos produtos insensíveis ao excesso de umidade, tal como o aipo, ervilhas, aspargos, couve chinesa, romã, beterraba, pepino, brócolis, berinjela, rabanete, cebolinha, espinafre, melão, kiwi, cenoura, alho-poró, milho, mandioca, laranja e couve-flor (KANLAYANARAT et al., 2009). Pode ser realizado em “containers” ou a granel por meio de imersão ou aspersão forçando o contato da água fria com o produto. No entanto, folhosas são muito sensíveis

à danos provocados pela queda da água, o que torna a imersão o método mais eficiente (THOMPSON et al., 2002; SEIBERT et al., 2007). Nessas espécies, o hidroresfriamento tem a vantagem da rapidez, pois a água cobre toda a superfície de contato do produto. O método contribui com a limpeza da hortaliça, não permite que haja perda de umidade durante o pré-resfriamento como ocorre em outros métodos e ainda adiciona água em tecidos levemente murchos, como ocorre frequentemente e denomina-se reidratação (THOMPSON et al., 2002; WILLS et al., 2007). Shibairo et al. (1998) estudaram a reidratação na pós-colheita de cenoura. De acordo com os autores, a reidratação proporciona a reposição da água que foi perdida e assim prolonga a vida de prateleira desta hortaliça. Álvares (2006) verificou que a reidratação promoveu a maior turgescência e longevidade de folhas de salsinha.

Pequena quantidade de cloro pode ser adicionado à água visando a desinfecção e o controle de algumas doenças. Em frutas, o tempo de hidroresfriamento pode variar entre dez minutos (nos produtos de menor diâmetro) e uma hora (nos produtos de maiores diâmetros). Barbosa et al. (2015) observou tempo de hidroresfriamento de folhas de ora-pro-nobis de 5 minutos. Nesse período houve redução de 15,3°C, ou seja, taxa de 3,06°C por minuto de imersão. Álvares et al. (2007) observaram a necessidade de 15 minutos até haver estabilização da temperatura interna de ramos de salsinha. Em trabalho realizado por Gillies e Toivonen (1995) com pós-colheita de brócolis, o hidroresfriamento foi o método mais eficiente de pré-resfriamento quando comparado à utilização do ar refrigerado e do gelo em flocos, o qual abaixou a temperatura do produto de 22 até 6°C em 12 minutos. Alguns produtos possuem limitações ao método, como por exemplo, aqueles sensíveis ao cloro ou outros produtos utilizados na sanitização da água e aqueles que serão posteriormente embalados em caixa de papelão ou embrulhados em papel (THOMPSON et al., 2002).

O resfriamento denominado “package-icing” é feito com o preenchimento dos espaços vazios das embalagens com gelo em pedaços ou flocos. O contato direto do gelo com o produto causa rápido resfriamento, no entanto, quando o gelo derrete, a taxa de resfriamento cai consideravelmente. A água do degelo, juntamente com o gelo flutuante faz com que haja maior contato frio com o produto. O produto deve ser tolerante à prolongada exposição à 0°C e necessita de embalagens resistentes ao gelo e à água. Inicialmente é usada a quantidade estimada entre 20 e 30% de peso do produto em gelo visando o correto resfriamento. O excesso de gelo encarece o frete e caso derreta torna o uso do gelo ineficiente. Em cargas mistas, a água de degelo pode estragar produtos não tolerantes (THOMPSON et al., 2002).

O resfriamento à vácuo ocorre pela evaporação da água do produto submetido à pressões atmosféricas muito baixas. Os produtos que possuem maior proporção superfície/massa e que podem perder água rapidamente, como as hortaliças folhosas, são adequadas ao método (THOMPSON et al., 2002). Tão rápido quanto o hidroresfriamento, o resfriamento à vácuo utiliza pressões abaixo de 660 Pa (5mm mercúrio) e a cada incremento em 5°C na temperatura, há 1% de perda de peso em produtos devido a evaporação da água. Essa evaporação pode ser repostada ou minimizada pelo borrifamento de água no produto antes ou depois da operação, a qual passa a ser denominada “Hydro-vacuum cooling” (WILLS et al. 2007).

Quanto aos custos, o resfriamento com gelo é o método mais caro, seguido pelo resfriamento à vácuo, ar forçado e hidroresfriamento. Neste cálculo, é incluído o custo dos equipamentos, da energia consumida e da mão-de-obra (THOMPSON et al., 2002).

Kader e Rolle (2004) compararam os métodos de pré-resfriamento (Tabela 1).

Tabela 1- Comparação dos métodos de pré-resfriamento por meio de cinco variáveis.

Variável	Método de pré-resfriamento				
	"Package icing"	Hidroresfriamento	A vácuo	Ar forçado	Câmara fria
Tempo de resfriamento (h)	0,1-0,3	0,1-1,0	0,3-2,0	1,0-10,0	20-100
Contato da água com produto	sim	sim	não	não	não
Perda de umidade do produto (%)	0-0,5	0-0,5	2,0-4,0	0,1-2,0	0,1-2,0
Custo	alto	baixo	médio	baixo	baixo
Eficiência energética	baixa	alta	alta	baixa	baixa

Adaptação de Kader e Rolle (2004).

b. Armazenamento refrigerado

A temperatura de armazenamento influencia diretamente o metabolismo dos produtos hortícolas e por isso é o fator ambiental de maior importância no controle da deterioração pós-colheita. Não há temperatura ideal ao armazenamento de todas as espécies hortícolas e esta depende, entre outros fatores, da origem geográfica (condições climáticas do centro de origem) do produto (WILLS et al., 2007; FALLIK, 2008).

O controle da temperatura é o meio mais eficiente de prolongamento do tempo de prateleira de produtos recém-colhidos, tanto pelo retardamento fisiológico quanto patológico (FALLIK, 2008). Altas temperaturas aceleram as reações químicas, elevam as taxas respiratórias e transpiratórias dos órgãos vegetais e afetam a configuração e atividade de enzimas e proteínas. Quando produtos são armazenados em baixas temperaturas, a velocidade das reações é menor desde que não haja injúria causada pelo

frio (PHAN, 1987). Há ainda a diminuição da atividade respiratória dos produtos e redução da capacidade do ambiente em absorver umidade, como consequência, há menor perda de água por transpiração (MARTHENS e BAARDSETH, 1987; FINGER e VIEIRA, 1997). No entanto, na maioria dos sistemas, o maior benefício do armazenamento em baixas temperaturas é a supressão do crescimento de microrganismos (WILLS et al., 2007).

A injúria por frio ocorre principalmente em produtos de origem tropical e subtropical mantidos em temperatura acima do ponto de congelamento, especialmente entre 5 e 15°C, dependendo do produto (KADER, 2002). É possível haver relação entre temperatura e tempo de armazenamento ideal, específica por produto, e que evite injúria (PHAN, 1987). Longas exposições causam danos irreparáveis os quais são intensificados pelo tempo de exposição (WILLS et al., 2007). Os sintomas mais comuns são descoloração interna e externa, principalmente com manchas escuras, lesões superficiais, áreas encharcadas, aumento da susceptibilidade à doenças, amadurecimento desigual e incapacidade de amadurecer (LYONS e BREIDENBACH, 1987; KADER, 2002). Há relatos de alterações na qualidade sensorial de maçãs, pêras, citrus, manga, cenoura e morango (FALLIK, 2008) e alterações nutricionais em vegetais folhosos e frutos, como redução do conteúdo de ácido ascórbico, licopeno, vitamina C e cálcio (KADER, 2002; SHARMA et al., 2008). No entanto, os sinais são mais notados após os produtos serem transferidos para armazenamento em temperaturas não injuriantes (KADER, 2002).

Cantwell e Reid (2002) citam que plantas folhosas como a hortelã-pimenta são altamente susceptíveis ao amarelecimento e perda de água em altas temperaturas. Quando armazenadas em condições ambientais normais, o tempo de prateleira é limitado. No entanto, devido ao pequeno volume produzido e baixa prioridade pelos produtores, as ervas são submetidas à estresses de temperatura e perda de água enquanto esperam pelo resfriamento.

A susceptibilidade ao congelamento varia com as espécies, principalmente em relação à concentração de solutos dissolvidos nos tecidos. Embora a maioria das ervas medicinais suportem, temperaturas de congelamento devem ser evitadas (PHAN, 1987; WILLS et al., 2007). As membranas celulares são destruídas, a compartimentalização é comprometida e há distúrbio do metabolismo vegetal (PHAN, 1987) e, de maneira geral, após descongelamento, o tecido afetado não possui a mesma textura, fica flácido e encharcado. Alguns produtos vegetais recém colhidos podem suportar o congelamento e o gelo inter e/ou intracelular por bastante tempo não causa injúria, enquanto outras não

suportam o congelamento mesmo que por pouco tempo (MOLINE, 1987; CANTWELL e REID, 2002; WILLS et al., 2007).

Em folhosas, o armazenamento refrigerado não só causa decréscimo da temperatura, mas também priva as folhas da luz solar. Dessa forma, mesmo a fotossíntese não sendo sensível à temperatura, não haverá luz o suficiente. Haverá desbalanço e a concentração de CO₂ na câmara pode ser aumentada e haver leve aumento na taxa respiratória nos primeiros dias de armazenamento. Após algum tempo, a taxa decresce e eventualmente cessa em temperatura suficientemente baixa (PHAN, 1987; CANTWELL e REID, 2002).

O movimento do ar também influi diretamente no tempo de prateleira das espécies vegetais, por facilitar o controle de temperatura, regularizar o “déficit” de pressão de vapor entre o produto e o ambiente, minimizar o acúmulo de dióxido de carbono e etileno no ambiente além de controlar doenças ou distúrbios pós-colheita (LOUGHEED e ARGUE, 1987).

No Brasil, pela falta de conhecimento dos produtores, o armazenamento ainda é feito de forma muito precária e o pré-resfriamento de hortaliças geralmente não é efetuado. Este fato, juntamente com a entrada de novas mercadorias ainda não resfriadas na unidade de armazenamento, faz com que o processo de resfriamento na câmara seja muito demorado e irregular, principalmente em função da oscilação da temperatura (LOUZADA et al.; 2003).

O armazenamento refrigerado é caro, exige instalações bem arquitetadas, equipamento adequado e o funcionamento deve iniciar três dias antes do abastecimento, o que encarece ainda mais o procedimento (KANLAYANARAT et al., 2009). Em pequenas produções, o uso de refrigeradores é suficiente. Em outros casos, as câmaras refrigeradas devem possuir boa construção, incluindo a barreira completa de vapor no lado quente da insulação, pisos fortes, portas de carregamento e descarregamento adequadas e bem posicionadas, distribuição de ar refrigerado efetiva, controles sensíveis e devidamente localizados e capacidade adequada às expectativas. É recomendável manter espaço entre o produto e o piso com auxílio de tapumes, o que permitirá maior movimentação do ar (KADER, 2002).

c. Embalagens protetoras

Embalagens devem ser utilizadas por protegerem fisicamente e reduzirem a deterioração pós-colheita em produtos hortícolas por diversos fatores fisiológicos. Além

de gerar a atmosfera controlada e reduzirem o manuseio excessivo dos produtos que geram danos mecânicos, as embalagens reduzem a taxa de perda de água e o movimento do ar em toda a superfície. Quando perfuradas permitem maior troca de gases entre o interior da embalagem e o ambiente sem alterar significativamente as concentrações de CO₂ e O₂ no seu interior e evitam a condensação excessiva de vapor d'água na superfície do produto, o que promoveria a proliferação de fungos e bactérias (FINGER e VIEIRA, 1997; WILLS et al., 2004).

Quanto aos danos físicos, de acordo com Thompson e Mitchell (2002), as embalagens protegem contra três tipos de injúrias, as causadas pelo impacto, pela compressão e pela vibração/abrasão. A primeira é dada pela queda do produto sobre superfície firme, ocasionada pelo manuseio excessivo e pode ou não ser percebida externamente. A segunda é observada no empilhamento de caixas ou devido à profundidade excessiva das caixas e consequente amassamento do produto, que ocorre na superfície, mas atinge o interior do produto. A terceira é ocasionada pela movimentação do produto dentro das caixas. Os sintomas aparecem no exterior e não se estendem ao interior do produto.

A hortelã-pimenta é muito susceptível à injúria física durante o manuseio pós-colheita o que resulta em descoloração e sítios de infecção dos microrganismos (CANTWELL e REID, 2002). A embalagem imobiliza o produto e evita grandes perdas por injúria. Pode ser necessária a utilização de isopor, papel, bandejas, forros e almofadas visando manter o produto imobilizado.

Em relação ao controle da perda de água em hortaliças folhosas é recomendado o uso de plástico de polipropileno com pequenas perfurações. Por isso, plásticos não perfurados não são bem aceitos devido ao total bloqueio do ar. Folhas de papel absorvente podem ser inseridas na embalagem, pois absorvem a água e ajudam a manter a umidade alta no interior da embalagem (CANTWELL e REID, 2002).

Quando utilizado o filme plástico, material pouco permeável, a temperatura deve ficar constante à fim de evitar condensação do vapor de água e consequente desenvolvimento de microrganismos (KADER, 2002; CANTWELL e REID, 2002; BEN-YEHOSHUA, 1987). Normalmente, são feitas aplicações de fungicidas em frutos antes da embalagem em plásticos filme (WILLS et al. 2007). Kader (2002) cita que atualmente o uso do plástico filme é limitado devido ao desbalanço provocado entre os gases respiratório com o passar do tempo. Ainda segundo o autor, algumas tecnologias permitem alterações da permeabilidade deste tipo de material em função da temperatura do ambiente, incrementos na difusão dos gases usando microperfurações, capacidade de

impressão, melhor selagem, maior clareza e outros.

Embalagens podem provocar a alteração na composição do ar no espaço restante dentro do criando uma atmosfera modificada (FALLIK, 2008). De acordo com Kader (2002), algumas embalagens ou revestimentos são capazes de permitir a entrada de O_2 na taxa equivalente à de O_2 consumida pelo produto. O mesmo ocorre com a saída de CO_2 . Dessa forma, a atmosfera é rapidamente criada sem níveis de anoxia ou concentrações maléficas de CO_2 . Revestimentos comestíveis e plásticos filmes também são alternativas viáveis para ampliar o período de prateleira de frutas e vegetais (FALLIK, 2008). Nestes casos, há redução da área de superfície evaporativa, sendo importante método de reduzir a perda de água dos produtos hortícolas (BEN-YEHOSHUA, 1987).

Há ainda embalagens modernas com tecnologia avançada denominadas embalagens ativas, as quais oferecem controle das condições internas. Sachês com sais inorgânicos podem ser embalados juntamente ao produto com a finalidade de absorver o excesso de vapor d'água e consequentemente controlar a umidade no interior de embalagens. O permanganato de potássio absorve o etileno contido na atmosfera circundante (WILLS et al., 2007; FINGER e VIEIRA, 1997).

Cabral-Malheiros et al. (2010) observaram alteração da coloração e concentração de clorofilas em erva mate armazenado em função dos tipos de embalagens e do tempo.

Em trabalho realizado por Barbosa et al. (2015), a embalagem plástica perfurada foi eficiente na redução da taxa de perda de massa acumulada das folhas frescas de *Pereskia aculeata* Mill. E, associada ao hidroresfriamento, proporciona a menor taxa de perda de massa acumulada das folhas frescas quando armazenadas em ambiente refrigerado.

Em adição, outras vantagens do uso de embalagens podem ser citadas, como: ausência de químicos ou contaminantes que possam ser transferidos ao produto e atóxico aos humanos; possibilidade de classificação do produto de acordo com o peso, volume, forma; possibilidade de identificação do conteúdo, instruções de consumo e rotulagem; facilita a disposição nas prateleiras; e baixo custo em relação ao benefício (WILLS et al., 2007).

III. MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram realizados no Laboratório de Melhoramento de Hortaliças do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Viçosa (latitude de 20°45' sul e altitude de 651m). As mudas de hortelã-pimenta foram produzidas na Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG), em casa de vegetação, por meio de semeadura em bandejas de isopor preenchidas com substrato comercial de hortaliças (Tropstrato HT Hortaliças) em abril de 2013. Foram utilizadas sementes Topseed Garden com 99% de pureza e 85% de germinação atestada. As mudas foram transplantadas 38 dias após emergência em canteiros de 1 m² espaçadas em 25 centímetros. Foi realizada adubação com 10 L de esterco bovino curtido incorporado na camada superficial após análise de solo (Tabela 2).

Tabela 2 – Análise química do solo e esterco bovino curtido utilizado para cultivo de *Mentha piperita* L. Viçosa- MG. 2013.

CARACERÍSTICAS	SOLO		ESTERCO BOVINO	
pH	H ₂ O	6,6	H ₂ O	9,0
N	mg/dm ³	-	%	1,02
P		56,1		0,30
K		270,0		0,64
Ca ²⁺	cmol _c /dm ³	3,7	%	0,65
Mg ²⁺		1,1		0,27
Al ³⁺		0,0		-
H + Al		1,5	-	-
SB		5,5	-	-
CTC (t)		5,5	-	-
CTC (T)		7,0	-	-
V	%	79,0	%	-
m		0,0		-
MO	dag/kg	3,5		14,82
P-rem	mg/L	32,7	-	-
Zn	mg/dm ³	5,4	mg/dm ³	166,0
Fe		11,4		22126,0
Mn		58,7		637,0
Cu		1,8		34,0
B		0,2		10,3
Na	-	-	%	0,022
C/N	-	-	-	14,5

Ramos inteiros de hortelã-pimenta foram coletados aleatoriamente entre 7 e 8 horas da manhã (com dois meses após o transplântio no experimento I e sete meses após o transplântio no experimento II) e imediatamente levados ao laboratório, onde foi feito o descarte das folhas amareladas, doentes e murchas com auxílio da tesoura de poda.

Dois experimentos foram conduzidos à fim de avaliar as melhores condições de armazenamento da planta fresca:

1. Experimento I - Qualidade pós-colheita de hortelã-pimenta fresca armazenada em temperatura ambiente, em função do hidroresfriamento e da embalagem
2. Experimento II - Qualidade pós-colheita de hortelã-pimenta fresca armazenada em ambiente refrigerado, em função do hidroresfriamento e da embalagem

Os experimentos foram instalados seguindo o esquema de parcela subdividida, tendo na parcela o esquema fatorial 2x3 (dois tratamentos envolvendo hidroresfriamento e três tratamentos envolvendo embalagens) e nas subparcelas os tempos de armazenamento no delineamento inteiramente casualizado com quatro repetições. As parcelas experimentais continham 14 gramas de parte aérea de hortelã-pimenta, cada. Os tratamentos foram compostos por dois tipos de embalagens e uso ou não do hidroresfriamento prévio, sendo eles:

- T1) Embalagem plástica perfurada (EP);
- T2) Hidroresfriamento + embalagem plástica perfurada (HR + EP);
- T3) Embalagem plástica não perfurada (E);
- T4) Hidroresfriamento + embalagem plástica não perfurada (HR + E);
- T5) Hidroresfriamento sem embalagem (HR) e
- T6) Ausência de embalagem e hidroresfriamento (SE)

O hidroresfriamento foi realizado com a imersão das folhas por tempo pré-determinado (20 minutos) em caixa de isopor contendo água à 5°C. O determinação do tempo necessário para hidroresfriamento dos ramos de hortelã-pimenta foi realizado submetendo-os à mistura de gelo e água à 5°C. A temperatura dos ramos foi medida por meio de termômetro digital infravermelho Manipa modelo MT – 360 de tempo em tempos até o total de 110 minutos.

Houve queda rápida da temperatura dos ramos de hortelã-pimenta em função do

tempo de hidroresfriamento até 20 minutos após o início do procedimento. A temperatura dos ramos oscilou entre 6 e 7 °C nos minutos subsequentes até o fim da avaliação, aos 110 minutos. Neste período houve redução de 14,3 °C (70,44%) da temperatura dos ramos de hortelã-pimenta, portanto, 0,71 °C por minuto.

Assim, o tempo de hidroresfriamento adotado como ideal foi 20 minutos, a partir do qual há equilíbrio entre a temperatura do meio refrigerante e os ramos de hortelã-pimenta. A curva característica do resfriamento foi obtida e consta na Figura 1.

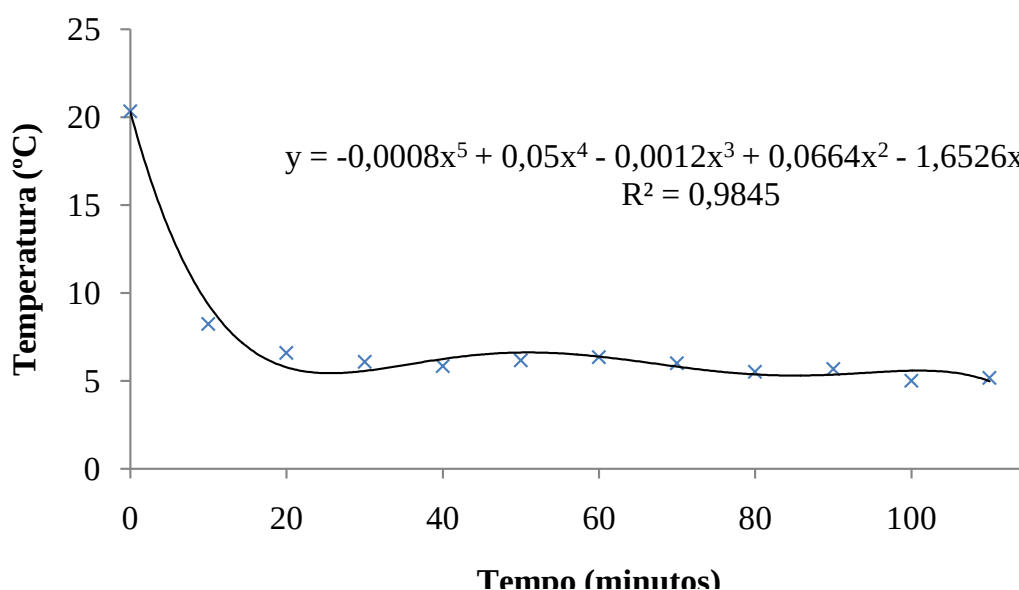


Figura 1—Temperatura (°C) de ramos de hortelã-pimenta (*Mentha piperita* L.) em função do tempo de hidroresfriamento. Viçosa – MG, 2013.

Em metade das embalagens de politereftalato de etileno (PET) BP10 (dimensões 190x120x62 mm) foram feitos 50 furos de 1 mm de diâmetro. As folhas sem embalagem plástica foram amarradas com barbante formando maços (molhos). As folhas, embaladas ou não, foram acondicionadas sobre bancada, no caso do Experimento I e em câmara fria com controle de temperatura, no caso do Experimento II.

A temperatura e umidade relativa do ar foram monitoradas por Data Logger HOBO® durante toda a vida de prateleira. No período pós-colheita do experimento I, a temperatura e umidade média do ambiente foram 22,09 °C e 55,05%, respectivamente (Figura 2).

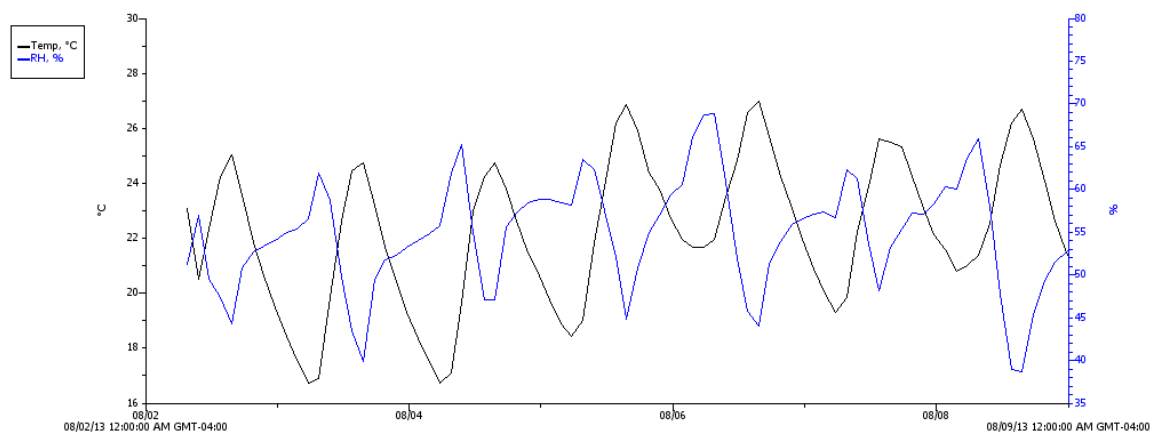


Figura 2 – Temperatura (°C) e umidade relativa do ar (%) ambiente em função do tempo. Viçosa – MG, 2013.

No período pós-colheita do experimento II, a temperatura e umidade média da câmara foram 5,53 °C e 68,78%, respectivamente (Figura 3).

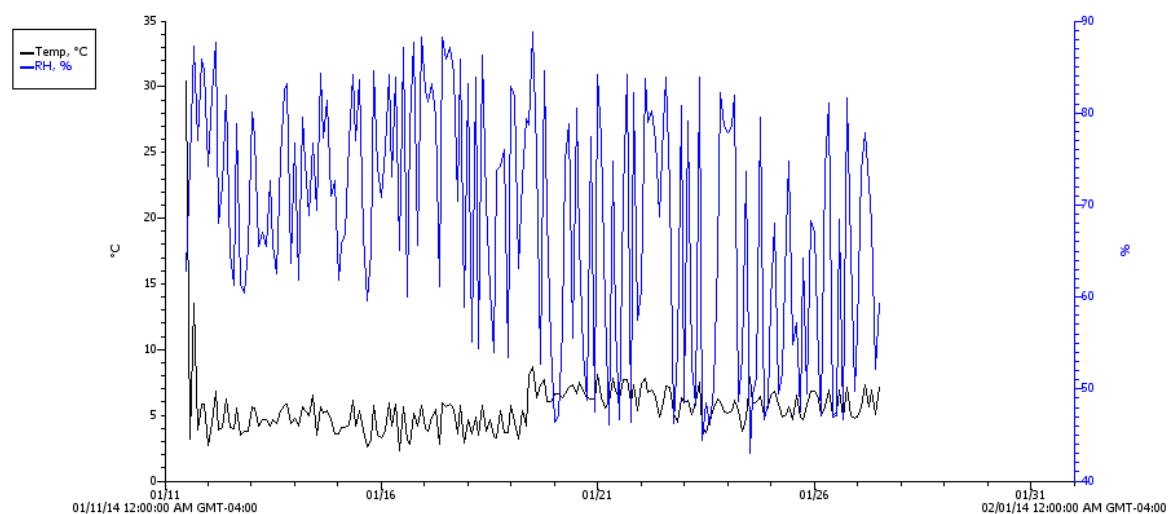


Figura 3 - Temperatura (°C) e umidade relativa do ar (%) da câmara fria em função do tempo. Viçosa – MG, 2014.

3. Análises

Posteriormente foram avaliados parâmetros pertinentes à qualidade pós-colheita da planta, tais como:

a. Análise visual e vida de prateleira

As folhas foram avaliadas do momento da coleta e da aplicação dos tratamentos até o fim do período de prateleira, por meio de notas subjetivas de 0 a 10, sendo estas: 0, nenhum sintoma de murcha, amarelecimento, oxidação ou outro sinal visual indicativo de perda de qualidade; 5, sintoma intermediário de murcha, amarelecimento, oxidação ou outro sinal visual indicativo de perda de qualidade e; 10, sintomas avançados de murcha, amarelecimento, oxidação ou outro sinal visual indicativo de perda de qualidade. Ao atingirem notas 10, as unidades experimentais foram consideradas impróprias à comercialização e foi decretado o fim da vida de prateleira.

b. Perda de massa de folhas frescas

Durante o armazenamento as folhas foram pesadas a cada seis horas durante o primeiro dia, a cada doze horas durante o segundo dia e a cada 24 horas até o término do período prateleira, estabelecido junto à análise visual. A perda de massa foi estimada em relação à massa inicial das folhas, antes dos tratamentos:

$$PMF = \frac{[(MFI - MFF) \times 100]}{MFI}$$

Em que:

PMF = perda de massa de folha fresca (%);

MFI = massa fresca inicial (g) e

MFF = massa fresca final (g).

Os dados foram transformados em perda de massa das folhas frescas acumulada.

c. Teor relativo de água

O teor relativo de água das folhas (TRA) foi avaliado antes e a cada 24 horas após

os tratamentos. Foi realizado o corte de oito seções (em cada repetição) de aproximadamente 1 cm² do limbo foliar as quais foram pesadas e obtida a massa fresca (F). As mesmas seções foram hidratadas em espuma de poliuretano de dois cm de espessura até a porcentagem máxima de hidratação. As espumas foram mantidas umedecidas com água destilada evitando o ressecamento até o final do experimento. Após esse período, as seções foram novamente pesadas e obtida a massa túrgida (T) e em seguida foram levadas à estufa com circulação forçada de ar à 70°C e obtida a massa seca (W).

O teor relativo de água (TRA) das folhas foi estimado conforme descrito por Catsky (1974) com equação citada por Weatherley (1950):

$$TRA = [(F - W)/(T - W)] \times 100$$

Em que:

F = peso massa fresca (g);

T = peso massa túrgida (g);

W = peso massa seca (g).

d. Clorofila

A quantidade de clorofila foi estimada pelo medidor portátil SPAD-502 [Soil-Plant Análises Development (SPAD) Section, Minolta], método não destrutivo. As estimativas dos teores de clorofila foram realizadas a cada seis horas durante o primeiro dia, a cada doze horas durante o segundo dia e a cada 24 horas até o término da vida de prateleira. Foram lidos seis pontos do limbo foliar em duas folhas previamente marcadas e a média foi expressa em unidades SPAD.

e. Teor de óleo essencial

A extração do óleo foi feita no aparelho Clevenger, adaptado ao balão com fundo arredondado de 1 L de capacidade carregado com 50 g de planta fresca e 500 mL de água destilada. Para composição da amostra, foram necessárias muitas unidades experimentais, uma vez que continham 14 gramas de planta fresca cada no início do armazenamento.

As demais práticas adotadas seguiram as recomendações da Farmacopeia Brasileira (BRASIL, 2010) e os resultados foram expressos em porcentagem (%) de

óleo essencial em relação à matéria fresca.

f. Composição química do óleo essencial

As amostras de óleo já extraídas foram armazenadas em recipiente de vidro devidamente vedados com tampas rosqueadas e parafilme. Foi analisada a composição do óleo essencial de *M. piperita* imediatamente após a colheita e no momento determinado de final de vida de prateleira de cada tratamento.

As análises da composição química do óleo essencial foram feitas no Laboratório de Química Instrumental do Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Minas Gerais. Amostras dos óleos essenciais, de cada tratamento, foram analisadas individualmente por cromatografia gasosa acoplada a espectrometria de massas (CG-EM).

Foi utilizado sistema “Agilent Technologies (7890A)” acoplado ao espectrômetro de massas (MS 5975C) dotado de coluna capilar de sílica fundida HP-5 MS (30 m x 0,25 mm x 0,25 μ m) e hélio (fluxo 1 mL·min⁻¹) como gás de arraste. O injetor foi mantido a 220 °C, com divisão de fluxo (split) na razão de 5:1, seguindo a programação da temperatura de 60 °C - 240 °C (3 °C min⁻¹). O sistema foi operado no modo “scan” (monitoramento) com impacto eletrônico a 70 eV, na faixa de 45 a 550 (m/z).

Os dados gerados foram analisados utilizando o “software” MSD Chemstation e a abundância relativa (%) dos constituintes calculada a partir da área de pico do cromatograma de íons totais (TIC). Os dados foram organizados de acordo com a ordem de eluição e a identificação realizada por comparação dos espectros de massas com os da biblioteca NIST (National Institute of Standards and Technology), versão 2.0, 2009.

g. Teor de açúcares solúveis totais

As avaliações do teor de açúcares solúveis totais foram realizadas a cada seis horas durante o primeiro dia, a cada doze horas durante o segundo dia e a cada 24 horas até o término do período de prateleira.

- Extração

Foram pesados cerca de 1g de folhas de hortelã-pimenta das 14 g que compunham a unidade experimental, o qual foi transferido ao almofariz, adicionado etanol 80% à aproximadamente 65°C por 30 minutos e triturado. Após trituração, o extrato foi filtrado

em papel filtro, seguido por lavagem tripla com etanol 80%. O extrato alcoólico, com volume total completado a 25 mL, armazenado em geladeira em vidros vedados, foi usado na quantificação dos açúcares solúveis totais, açúcares redutores e açúcares não redutores. O resíduo retido no papel filtro foi submetido à estufa à 65°C até peso constante, armazenado em dessecador e feita a determinação do teor de amido.

- Quantificação

Na quantificação dos açúcares solúveis totais, foi adotado o método do fenol-sulfúrico, descrito por Dubois et al. (1956). Do extrato etanólico, 0,25 mL foram transferidos ao tubo de ensaio com tampa rosqueável e logo após, adicionado 0,25 mL de Fenol 5 %. Após agitados em Vortex, foi adicionado 1,25 mL de ácido sulfúrico concentrado e novamente agitado. Os tubos foram aquecidos em banho-maria por 20 minutos à 30 °C. As absorvâncias foram lidas em espectrofotômetro (SHIMATZU modelo UV1601), no comprimento de onda equivalente à 490 nm. Os valores obtidos foram comparados à curva padrão de sacarose nas concentrações de 0, 25, 50, 75 e 100 $\mu\text{L}.\text{mL}^{-1}$. O teor de açúcares totais foi expresso em porcentagem de matéria fresca.

h. Teor de açúcares redutores

As avaliações do teor de açúcares redutores foram realizadas a cada seis horas durante o primeiro dia, a cada doze horas durante o segundo dia e a cada 24 horas até o término da vida de prateleira.

- Extração

O extrato utilizado na análise de açúcares redutores foi o mesmo utilizado nas quantificações de açúcares solúveis totais.

- Quantificação

A quantificação de açúcares redutores foi realizada pela metodologia de Somogy-Nelson (NELSON, 1944). Foram pipetados 0,2 mL do extrato em tubo de ensaio com tampa rosqueável e logo após, adicionados 0,2 mL do reagente de Nelson 4 (8 mL do reagente de Nelson 1 e 2 mL do reagente de Nelson 2). Foram agitados os tubos em Vortex e fervidos por 15 min. Após resfriamento, foram adicionados 0,2 mL do reagente de Nelson 5 (7 mL do reagente de H_2SO_4 0,75M e 3,5 mL do reagente de Nelson 3) e agitados novamente. Foram adicionados 0,6 mL de água deionizada e novamente os tubos foram agitados. As absorvâncias foram lidas em espectrofotômetro (SHIMATZU modelo UV1601), no comprimento de onda igual 540 nm. Os valores obtidos foram

comparados à curva padrão de glicose nas concentrações de 0, 25, 50, 75 e 100 $\mu\text{L} \cdot \text{mL}^{-1}$. O teor de açúcares redutores foi expresso em porcentagem de matéria fresca.

i. Teor de açúcares não redutores

Os teores de açúcares não redutores foram obtidos pela subtração dos valores de açúcares redutores dos valores obtidos de açúcares solúveis totais e expressos em porcentagem de matéria fresca.

j. Teor de amido

A quantificação de amido seguiu o método descrito por McCready et al. (1950).

- Extração

Foi utilizado o resíduo retido no papel filtro durante a extração de açúcares solúveis. Esse resíduo, após seco em estufa com circulação forçada de ar, foi triturado e colocado em tubo de ensaio com tampa rosqueável. Foram pipetados 2,5 mL de água deionizada e 3,25 mL de ácido perclórico 52%. Os tubos foram agitados em Vortex e mantidos em repouso por 30 min. Em seguida, foram centrifugados a 2000g em centrífuga (Excelsa Baby I Modelo 206), por 15 minutos. O sobrenadante foi recolhido em provetas e o procedimento repetido por três vezes. O volume da proveta foi completado até 25 mL com água deionizada e esse extrato armazenado em ambiente refrigerado.

- Quantificação

O procedimento de quantificação do amido foi realizado seguindo os mesmos procedimentos de quantificação de açúcares solúveis totais. Entretanto, no cálculo, o valor final foi multiplicado pelo fator 0,9. O teor de amido foi expresso em porcentagem de matéria fresca.

4. Análise estatística

Os dados foram avaliados por meio da análise de variância e por regressão. Na comparação das médias do fator qualitativo foi utilizado o teste Tukey à 5% de probabilidade. Os fatores quantitativos foram submetidos à análise de regressão, sendo o modelo escolhido baseado no coeficiente de determinação e fenômeno biológico. O programa estatístico foi o Software Analysis and Experimentation Group (SAEG/UFV).

Em função da rápida senescência, os dados das plantas não embaladas, hidioresfriadas ou não, não foram incluídos na análise estatística e foi feita apenas análise descritiva. Independentemente da interação de maior grau de significância optou-se pelo desdobramento devido ao interesse em estudo.

IV. RESULTADOS E DISCUSSÃO

1. Experimento I - Qualidade pós-colheita de hortelã-pimenta fresca armazenada em temperatura ambiente, em função do hidrosfriamento e da embalagem

A análise de variância mostrou influência dos tratamentos e do tempo nas características avaliadas (Tabela 3). O desdobramento foi realizado independentemente da significância dos resultados obtidos no teste F.

Tabela 3 - Quadro da análise de variância para perda de massa fresca acumulada (PM), clorofila, açúcares solúveis totais (AST), açúcares redutores (RED) e amido (AM) de ramos de hortelã-pimenta (*Mentha piperita* L.) armazenados em diferentes tipos de embalagem com ou sem hidrosfriamento em função do tempo. Viçosa – MG, 2013.

Fontes de variação	G.L	PM	Clorofila	AST	AR	AM
Embalagem (E)	1	50,12**	0,2604	0,0483**	0,0559	0,0059
Hidrosfriamento (HR)	1	15,9772**	87,0204	0,4459**	0,0923*	0,0182
E x HR	1	16,7794**	28,8204	0,014	0,0902*	0,1189
Erro (a)	12	2,1607	60,2885	0,0054	0,014	0,0524
Tempo (T)	5	180,8558**	23,6954**	0,1159**	0,0616**	0,2957**
T x E	5	7,2825**	20,3534**	0,0155*	0,1366**	0,1400*
T x HR	5	1,8991*	4,0864	0,0272**	0,0199	0,0022
T x E x HR	5	2,0370*	2,5654	0,0109	0,0533*	0,0986
Resíduo	60	0,7405	5,5337	0,0056	0,0175	0,0536
C.V (%)		21,268	6,4255	11,082	14,249	31,334

**, * significativo pelo teste F a 1% e 5%, respectivamente

a. Análise Visual

Nas plantas não embaladas foi menor o prazo de consumo (Tabela 4).

Tabela 4 - Vida de prateleira de hortelã-pimenta (*Mentha piperita* L.) armazenada em temperatura ambiente em função do tipo de embalagem e do hidrosfriamento, sendo: SE, sem embalagem; HR, hidrosfriamento; EP, embalagem perfurada e E, embalagem não perfurada. Viçosa – MG, 2013.

Tratamento	Vida de prateleira (horas)	Vida de prateleira (aumento relativo*)
SE	6	
SE + HR	12	2 vezes (100%)
EP	48	8 vezes (700%)
EP + HR	168	28 vezes (2700%)
E	120	20 vezes (1900%)
E + HR	168	28 vezes (2700%)

*Em relação às plantas sem embalagem e sem hidrosfriamento.

Na plantas não embaladas houve rápida perda de água e consequente murcha das folhas, sintoma que desqualificou a planta na comercialização (Figura 4).



Figura 4 - Sinais de murcha em ramos de hortelã-pimenta (*Mentha piperita* L.) sem hidroresfriamento e sem embalagem seis horas após a colheita, sendo: SE, sem embalagem; HR, hidroresfriamento; EP, embalagem perfurada e E, embalagem não perfurada. Viçosa – MG, 2013.

As plantas hidroresfriadas permaneceram comercializáveis por maior período comparadas às plantas não hidroresfriadas, fenômeno também observado dentre as plantas submetidas à embalagem, com ou sem perfuração. Tal resultado é importante para comercialização da espécie em feiras e supermercados, onde qualquer incremento na vida de prateleira é significativo.

Nos ramos hidroresfriados e embalados ocorreu amarelecimento e escurecimento foliar (apodrecimento) ao final do período de armazenamento, características que determinaram o fim do período de prateleira (Figura 5).



Figura 5 - Amarelecimento (indicado pelas setas azuis) e apodrecimento (indicado pelas setas vermelhas) de folhas de hortelã-pimenta (*Mentha piperita*) submetidas à hidroresfriamento, sendo A, ainda dentro da embalagem e B, fora da embalagem. Viçosa-MG, 2013.

O fenômeno pode ser explicado pela eventual condensação e acúmulo de água no interior da embalagem propiciando a atmosfera com alto teor de umidade. Álvares et al. (2010) observaram acúmulo excessivo de água no interior da embalagem e atribuiu à intensa transpiração das folhas em temperatura ambiente.

Na ausência de hidroresfriamento, a embalagem plástica não perfurada propiciou maior conservação visual dos ramos de hortelã-pimenta.

O ganho relativo de vida de prateleira dos ramos de hortelã-pimenta atingiu 100% utilizando apenas o hidroresfriamento, 1900% com apenas embalagem e 2700% com o hidroresfriamento e embalagem, perfurada ou não quando comparado às folhas não embaladas e não hidroresfriadas.

Em maços de coentro avaliados por Oliveira (2012) a vida de prateleira foi equivalente à 48 horas. No entanto, foi grandemente influenciada por tratamentos como hidroresfriamento (72 horas). Segundo a autora, dentre os motivos do menor tempo de prateleira do coentro está a murcha e amarelecimento das folhas.

Barbosa et al. (2015) também observou escurecimento (oxidação química e/ou enzimática) de folhas de ora-pro-nobis submetidas ou não à hidroresfriamento e embalagem após 48 horas. No mesmo período, além da oxidação, a murcha e o encarquilhamento das folhas ocorreram nos tratamentos que não utilizaram a embalagem.

Sankat e Maharaj (1996) avaliaram durabilidade de coentro-bravo submetidos à várias temperaturas de armazenamento e embalagem. Houve incremento da vida de prateleira em até 100 % em função do tratamento aplicado, sendo na testemunha à 28 °C e sem embalagem, a durabilidade foi 12 horas.

b. Perda de massa fresca acumulada

A perda de massa acumulada das folhas frescas de hortelã-pimenta variou em função dos tratamentos de embalagem e hidroresfriamento (Tabela 5).

Tabela 5 - Perda de massa fresca acumulada (%) de hortelã-pimenta (*Mentha piperita* L.) armazenada em temperatura ambiente em função do tipo de embalagem e do hidroresfriamento, sendo: HR, hidroresfriamento; EP, embalagem perfurada e E, embalagem não perfurada. Viçosa – MG, 2013.

	Tempo = 0				Tempo = 6				Tempo = 12			
	HR		s/ HR		HR		s/ HR		HR		s/ HR	
E	0,0000	aA	0,0000	aA	1,7036	aA	1,0135	aA	2,8961	aA	1,8626	aB
EP	0,0000	aA	0,0000	aA	2,0722	aA	1,9639	aA	3,478	aA	3,5443	aA
	Tempo = 18				Tempo = 24				Tempo = 48			
	HR		s/ HR		HR		s/ HR		HR		s/ HR	
E	4,3098	aA	2,7286	bB	6,8292	aA	3,309	bB	9,1588	aB	6,0715	bB
EP	5,1748	aA	5,3483	aA	6,1226	aA	6,4369	aA	11,7037	aA	11,3792	aA

- Médias seguidas de pelo menos uma mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna para cada tempo, não diferem estatisticamente entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

O teste de médias mostrou que à partir das 12 horas de armazenamento, nas plantas não hidroresfriadas acondicionadas em embalagem sem perfuração houve menor perda de massa fresca acumulada quando comparado às plantas armazenadas em embalagem perfurada. O mesmo aconteceu com plantas hidroresfriadas às 48 horas de armazenamento. Esse resultado indica a maior conservação das plantas embaladas em recipientes não perfurados, sejam os ramos hidroresfriados ou não. A utilização da embalagem plástica foi, portanto, essencial na redução da taxa de perda de massa, com e sem o hidroresfriamento prévio. Esse resultado pode ser causado pelo aumento e manutenção da camada limítrofe, redução do “déficit” de pressão de vapor entre as folhas e a atmosfera em torno do produto e a criação da atmosfera modificada no interior da embalagem reduzindo, como consequência, a taxa de perda de massa diária das folhas frescas (WILLS et al., 2004).

A análise mostra também que foi maior a perda de massa acumulada das plantas frescas hidroresfriadas a partir das 18 horas de armazenamento quando submetidas à embalagem não perfurada. Essa elevada perda de massa, no entanto, foi devida a perda de água aderida ou absorvida pelos ramos submetidos ao hidroresfriamento, ou seja, teor extra de água.

As plantas não embaladas, hidroresfriadas ou não, senesceram muito rapidamente e, portanto, não foram incluídas no teste de médias.

A perda de massa acumulada das folhas frescas em função do tempo teve comportamento linear e crescente em todos os tratamentos (Figura 6).

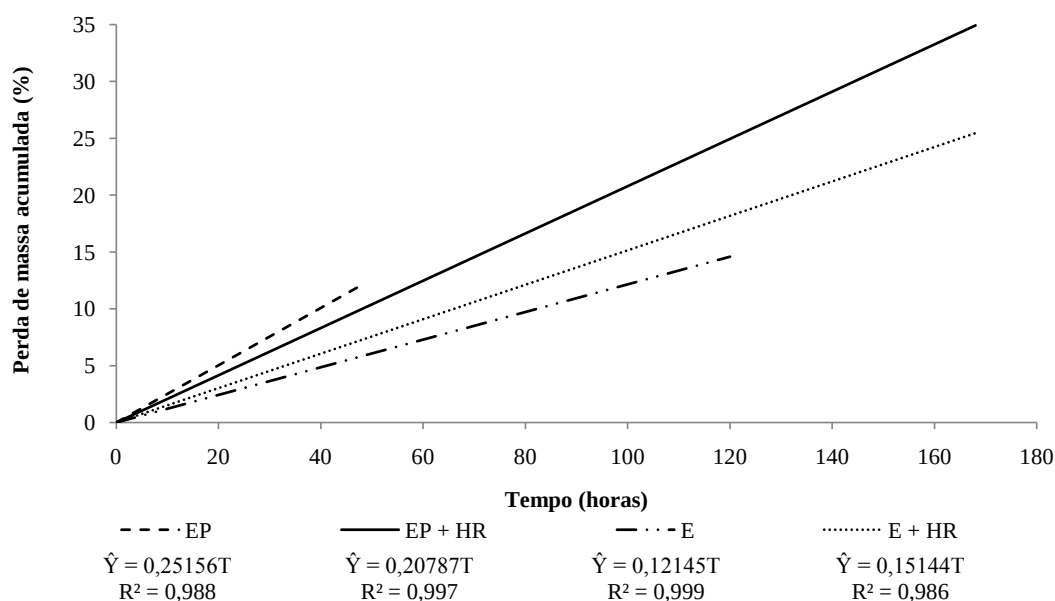


Figura 6 – Perda de massa acumulada de folhas frescas hortelã-pimenta (*Mentha piperita* L.) armazenada em temperatura ambiente submetida a hidroresfriamento e embalagens, em função do tempo, sendo: HR, hidroresfriamento; EP, embalagem perfurada e E, embalagem não perfurada. Viçosa – MG, 2013.

Maiores taxas de perda de massa fresca acumulada (%.h⁻¹) foram obtidas nas folhas de hortelã-pimenta não embaladas quando comparadas às demais, sendo 2,49 nos ramos hidroresfriados e 2,44 nos ramos não hidroresfriados. A maior taxa obtida nos ramos submetidos ao hidroresfriamento foi causada pela perda por evaporação e percolação da água aderida à superfície da folha ou absorvida durante o procedimento de resfriamento.

Nos demais tratamentos, as taxas de perda de massa fresca (%.h⁻¹) foram obtidas à partir da análise da linha de tendência. Menores taxas foram encontradas em ramos acondicionados em embalagens sem perfurações, sendo a taxa 0,14 nos ramos hidroresfriados e 0,12 nos ramos não hidroresfriados. Quando armazenadas em embalagem perfurada, as taxas de perda de massa fresca alcançaram 0,24 sem hidroresfriamento e 0,20 quando hidroresfriadas.

A embalagem não perfurada evitou mais eficientemente a perda de água das folhas de hortelã-pimenta. Nos ramos de hortelã-pimenta não embalados, hidroresfriados ou não, a perda de massa fresca acumulada final foi equivalente à 29,93% e 14,63% , respectivamente. Como já ocorrido, os teores de perda de massa nos ramos frescos hidroresfriados foram elevados.

c. Teor relativo de água

O teor relativo de água (TRA) dos ramos de hortelã-pimenta variou em função do hidroresfriamento e tempo (Tabela 6).

Tabela 6 - Quadro da análise de variância para teor relativo de água (TRA) de folhas frescas de hortelã-pimenta (*Mentha piperita* L.) armazenados em diferentes tipos de embalagem com ou sem hidroresfriamento em função do tempo. Viçosa – MG, 2013.

Fontes de variação	G.L	TRA
Embalagem (E)	1	191,8467
Hidroresfriamento (HR)	1	1254,080**
E x HR	1	6,8344
Erro (a)	12	89,0208
Tempo (T)	2	233,0986
T x E	2	82,82098
T x HR	2	436,9912**
T x E x HR	2	89,0162
Resíduo	24	73,3863
C.V (%)		9,3357

** significativo pelo teste F a 1%

O teste de médias mostrou que à partir de 24 horas de armazenamento em recipiente perfurados, os ramos não hidroresfriados continham menor teor relativo de água (Tabela 7).

Tabela 7 – Teor relativo de água (%) de hortelã-pimenta fresca (*Mentha piperita* L.) armazenada em temperatura ambiente em função do tipo de embalagem e do hidroresfriamento, sendo: HR, hidroresfriamento; EP, embalagem perfurada e E, embalagem não perfurada. Viçosa – MG, 2013.

	Tempo = 0				Tempo = 24				Tempo = 48			
	HR		s/ HR		HR		s/ HR		HR		s/ HR	
E	93,5446	aA	93,5446	aA	97,6966	aA	85,4887	aA	92,0216	aA	85,7831	aA
EP	93,5446	aA	93,5446	aA	97,4291	aA	82,3429	bA	92,1977	aA	79,1977	bA

- Médias seguidas de pelo menos uma mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna para cada tempo, não diferem estatisticamente entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Em média, o hidroresfriamento aumentou 4,30% o teor relativo de água das folhas de hortelã-pimenta após o procedimento de hidroresfriamento. O incremento no teor relativo de água em folhosas hidroresfriadas foi descrito por Thompson et al., (2002). Portanto, a absorção hídrica das folhas levemente murchas foi relatada em vários trabalhos. Álvares et al. (2010) detectaram maior teor relativo de água em folhas de salsinhas hidroresfriadas e armazenadas à 5°C quando comparadas à testemunha sem o pré-resfriamento. Gillies e Toivonen (1995) ao trabalhar com brócolis encontraram valor de incremento médio de 5% em peso do produto. Lazan et al. (1987) observaram maiores médias de teores relativos de água em mostarda (*Brassica juncea*) quando as folhas da hortaliça foram hidroresfriadas e posteriormente embaladas, independente da temperatura de armazenamento pós-colheita.

O comportamento do teor relativo de água dos ramos em função do tempo foi decrescente em todos os tratamentos (Figura 7).

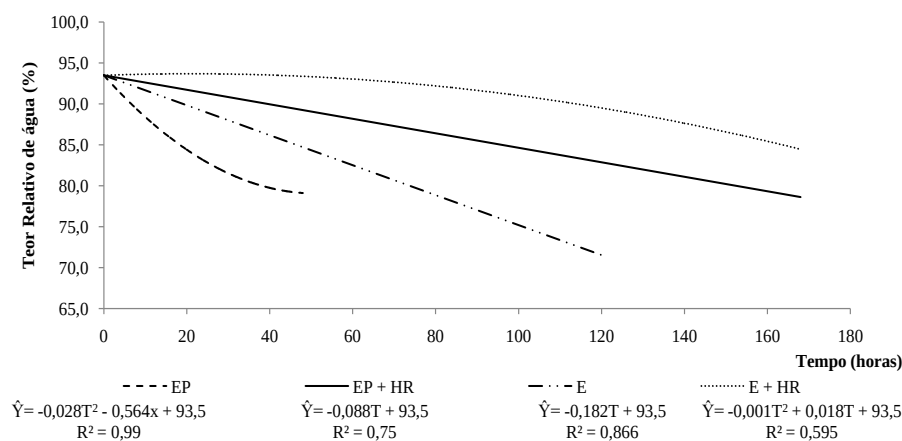


Figura 7 – Equações ajustadas do teor relativo de água (%) de hortelã-pimenta (*Mentha piperita* L.) armazenada em temperatura ambiente submetida a hidroresfriamento e embalagens em função do tempo, sendo: HR, hidroresfriamento; EP, embalagem perfurada e E, embalagem não perfurada. Viçosa – MG, 2013.

Os ramos hidroresfriados revelaram menor queda do teor relativo de água quando comparado aos ramos sem hidroresfriamento. O mesmo ocorreu com ramos acondicionados em embalagem não perfurada em comparação aos ramos acondicionados em embalagem com perfuração. Ou seja, a embalagem não perfurada contribuiu com a manutenção dos maiores teores de água nos tecidos vegetais.

Nos ramos não embalados o teor relativo de água ao final do período de prateleira foi equivalente à 78,5% quando hidroresfriados e 78,8% quando não hidroresfriados.

Álvares et al. (2010) detectou queda linear do teor relativo de água de ramos de salsinha armazenados em temperatura ambiente.

d. Clorofila

O teor de clorofila das folhas de hortelã-pimenta foi variável com o tempo e tratamentos.

Conforme o teste de médias feito dentro de cada tempo, com 48 horas de armazenamento, nas plantas hidroresfriadas embaladas em recipientes não perfurados havia menor concentração de clorofila quando comparado às demais (Tabela 8). Esse resultado pode ser explicado pela menor perda de água decorrente desse tratamento e consequente diluição dos pigmentos na área foliar, porque não foi observado amarelecimento neste tratamento 48 horas após a colheita.

Tabela 8 – Teor de clorofila (SPAD) de hortelã-pimenta (*Mentha piperita* L.) armazenada em temperatura ambiente em função do tipo de embalagem e do hidrossefriamento, sendo: HR, hidrossefriamento; EP, embalagem perfurada e E, embalagem não perfurada. Viçosa – MG, 2013.

	Tempo = 0				Tempo = 6				Tempo = 12			
	HR		s/ HR		HR		s/ HR		HR		s/ HR	
E	34,275	aA	36,900	aA	34,700	aA	37,250	aA	36,925	aA	38,050	aA
EP	33,700	aA	35,350	aA	34,800	aA	34,325	aA	36,775	aA	37,150	aA
	Tempo = 18				Tempo = 24				Tempo = 48			
	HR		s/ HR		HR		s/ HR		HR		s/ HR	
E	34,750	aA	37,875	aA	37,050	aA	39,525	aA	32,650	bB	38,750	aA
EP	36,125	aA	37,425	aA	36,500	aA	37,425	aA	39,650	aA	40,725	aA

- Médias seguidas de pelo menos uma mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna para cada tempo, não diferem estatisticamente entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Em função do tempo, o teor de clorofila das folhas revelou comportamento quadrático na maioria dos tratamentos, exceto nas plantas não hidrossefriadas armazenadas em embalagem perfurada (Figura 8).

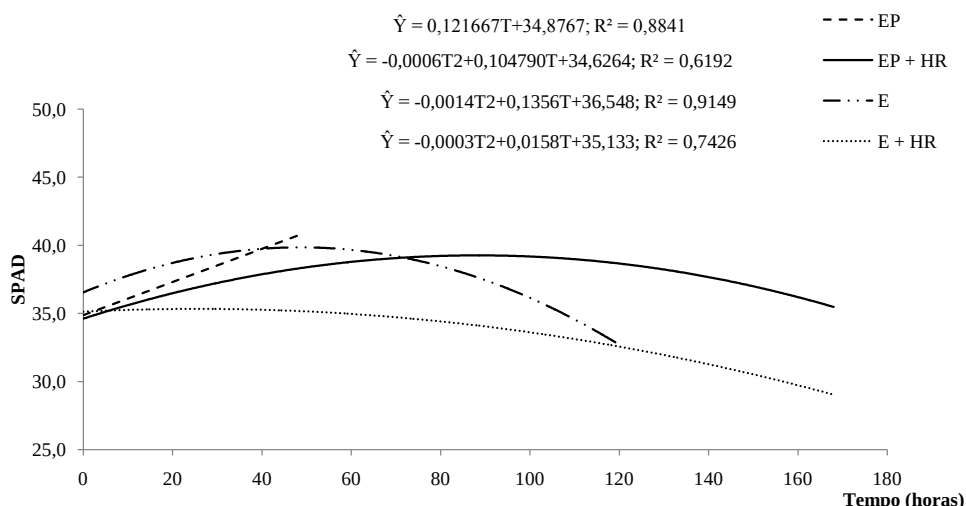


Figura 8 – Equações ajustadas do índice SPAD de folhas de hortelã-pimenta (*Mentha piperita* L.) armazenada em temperatura ambiente submetida a hidrossefriamento e embalagens, em função do tempo (horas), sendo: HR, hidrossefriamento; EP, embalagem perfurada e E, embalagem não perfurada. Viçosa – MG, 2013.

O comportamento quadrático pode ser explicado pela presença de duas fases. Inicialmente houve concentração dos pigmentos com a perda de massa e redução do teor de água das folhas. No entanto, ao passar do tempo, o amarelecimento leve foi observado, também denominado “perda da cor verde” e que também é indicador de perda de qualidade da planta medicinal. Os ramos não hidrossefriados armazenados em embalagem perfurada passaram apenas pela primeira fase, senescendo antes da fase de

perda da cor verde.

As plantas não embaladas, hidroresfriadas ou não, senesceram muito rapidamente (12 e 6 horas, respectivamente) e não variaram quanto a concentração de clorofila.

Álvarez et al. (2007) observaram queda do conteúdo de clorofila em folhas de salsa, sendo as maiores taxas em ramos acondicionados em embalagens perfuradas. De acordo com os autores, a embalagem plástica não perfurada pode ter contribuído no acúmulo de CO₂ e redução de O₂ no interior da embalagem, criando a atmosfera modificada, reduzindo provavelmente a produção e a ação do etileno, bem como de enzimas responsáveis pela degradação da clorofila.

e. Açúcares solúveis totais

Os teores de açúcares solúveis totais variaram em função dos tratamentos embora tenham sido mantidos constantes em função do tempo de armazenamento.

Menores teores de açúcares solúveis totais foram observados à partir de seis horas de armazenamento nos ramos submetidos à embalagem perfurada hidroresfriados quando comparado à ramos não hidroresfriados. Em ramos em embalagem não perfurada, isso ocorre à partir de 12 horas de armazenamento (Tabela 9). Sobre a mesma justificativa houve menores teores de açúcares nos ramos embalados em recipientes sem perfuração quando comparados aos ramos em embalagem perfurada às 48 horas de armazenamento. Esse resultado é explicado pela concentração dos açúcares nos ramos que perderam mais água e, de forma contrária, pela diluição dos açúcares nos ramos mais túrgidos.

Tabela 9 - Teor de açúcares solúveis totais (%) de hortelã-pimenta (*Mentha piperita* L.) armazenada em temperatura ambiente em função do tipo de embalagem e do hidroresfriamento, sendo: HR, hidroresfriamento; EP, embalagem perfurada e E, embalagem não perfurada. Viçosa – MG, 2013.

	Tempo = 0				Tempo = 6				Tempo = 12			
	HR		s/ HR		HR		s/ HR		HR		s/ HR	
E	0,8373	aA	0,8373	aA	0,5861	aA	0,6702	aB	0,5734	bA	0,7275	aA
EP	0,8373	aA	0,8373	aA	0,5499	bA	0,8903	aA	0,5502	bA	0,7186	aA
	Tempo = 18				Tempo = 24				Tempo = 48			
	HR		s/ HR		HR		s/ HR		HR		s/ HR	
E	0,5818	bA	0,7367	aA	0,543	aA	0,6007	aA	0,4467	bB	0,6689	aB
EP	0,5834	bA	0,7456	aA	0,5666	aA	0,6649	aA	0,605	bA	0,7986	aA

- Médias seguidas de pelo menos uma mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna para cada tempo, não diferem estatisticamente entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Os teores de açúcares solúveis totais não variaram em função do tempo em

nenhum tratamento aplicado (Tabela 10).

Tabela 10 - Equações ajustadas do teor de açúcares solúveis totais (%) de hortelã-pimenta (*Mentha piperita* L.) armazenada em temperatura ambiente submetida a hidroresfriamento e embalagens em função do tempo, sendo: SE, sem embalagem; HR, hidroresfriamento; EP, embalagem perfurada e E, embalagem não perfurada. Viçosa – MG, 2013.

Tratamento	Açúcares solúveis totais (%)
EP	$\hat{Y} = 0,7759$
EP + HR	$\hat{Y} = 0,6037$
E	$\hat{Y} = 0,7068$
E + HR	$\hat{Y} = 0,5735$
SE	$\hat{Y} = 0,7854$
SE + HR	$\hat{Y} = 0,7279$

Assim como o presente trabalho, não foram observadas alterações nos teores de açúcares solúveis totais de ora-pro-nobis durante o armazenamento em temperatura ambiente (BARBOSA et al., 2015).

f. Açúcares redutores

Os teores de açúcares redutores variaram em função do tratamento embora tenham sido mantidos constantes durante o tempo de armazenamento.

O teste de médias mostra, em alguns momentos, menores teores de açúcares redutores em ramos hidroresfriados, fato explicado pela diluição, semelhantemente ao que ocorreu com os açúcares solúveis totais e teores de clorofila deste mesmo trabalho (Tabela 11).

Menores teores de açúcares redutores foram observados em folhas acondicionadas em embalagem plástica perfurada em alguns momentos durante o armazenamento. Esse valor reduzido pode ser atribuído ao consumo de reservas requerido devido às maiores taxas metabólicas do produto quando comparado àqueles submetidos à embalagem sem perfuração. Ou seja, a embalagem plástica perfurada não ofereceu a proteção equivalente à oferecida pela embalagem sem perfuração.

Tabela 11 - Teor de açúcares redutores (%) de hortelã-pimenta (*Mentha piperita* L.) em função do tipo de embalagem e do hidrossequecimento, sendo: HR, hidrossequecimento; EP, embalagem perfurada e E, embalagem não perfurada. Viçosa – MG, 2013.

	Tempo = 0				Tempo = 6				Tempo = 12			
	HR		s/ HR		HR		s/ HR		HR		s/ HR	
E	0,8584	aA	0,8584	aA	0,9215	aA	0,8219	aA	1,0269	bA	1,3095	aA
EP	0,8584	aA	0,8584	aA	0,7738	aA	0,8681	aA	0,7618	aB	0,8210	aB
	Tempo = 18				Tempo = 24				Tempo = 48			
	HR		s/ HR		HR		s/ HR		HR		s/ HR	
E	0,9254	aA	0,8444	aB	1,0850	aA	0,9819	aA	0,8904	aA	0,9017	aA
EP	0,8895	bA	1,2130	aA	0,8357	bB	1,0522	aA	0,9369	aA	0,9836	aA

- Médias seguidas de pelo menos uma mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna para cada tempo, não diferem estatisticamente entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Em função do tempo foram constantes os valores de açúcares redutores (Tabela 12).

Tabela 12 - Equações ajustadas do teor de açúcares redutores (%) de hortelã-pimenta (*Mentha piperita* L.) armazenada em temperatura ambiente submetida a hidrossequecimento e embalagens em função do tempo, sendo: SE, sem embalagem; HR, hidrossequecimento; EP, embalagem perfurada e E, embalagem não perfurada. Viçosa – MG, 2013.

Tratamento	Açúcares redutores (%)
EP	$\hat{Y} = 0,9660$
EP + HR	$\hat{Y} = 0,8315$
E	$\hat{Y} = 0,9530$
E + HR	$\hat{Y} = 0,8800$
SE	$\hat{Y} = 0,9167$
SE + HR	$\hat{Y} = 1,0007$

Em trabalho realizado por Barbosa et al. (2015) com ora-pro-nobis foi observada queda dos teores de açúcares redutores ao longo do armazenamento. De acordo com a autora, a glicose e frutose, como açúcares redutores, são substratos imediatos do processo respiratório e foram consumidos durante o armazenamento das folhas quando armazenadas em temperatura ambiente.

g. Açúcares não redutores

Não foram detectados açúcares não redutores em folhas de hortelã-pimenta armazenada em temperatura ambiente. O resultado pode ser explicado pela alta taxa de conversão de sacarose em açúcares redutores devido às maiores taxas respiratórias do produto armazenado em condições desfavoráveis.

h. Amido

A análise de variância não indicou influência dos tratamentos de embalagem e hidroresfriamento nos teores de amido nas folhas. Os teores foram mantidos constantes durante o tempo de armazenamento.

Houve elevado teor de amido em folhas de hortelã-pimenta hidroresfriadas e submetidas à embalagem perfurada às 6 horas de armazenamento (Tabela 13). Esse teor discrepante proporcionou diferença nos demais tratamentos. Os autores consideraram um caso pontual.

Tabela 13 - Teor de amido (%) de hortelã-pimenta (*Mentha piperita* L.) em função do tipo de embalagem e do hidroresfriamento, sendo: HR, hidroresfriamento; EP, embalagem perfurada e E, embalagem não perfurada. Viçosa – MG, 2013.

	Tempo = 0				Tempo = 6				Tempo = 12			
	HR		s/ HR		HR		s/ HR		HR		s/ HR	
E	0,9596	aA	0,9596	aA	0,5102	aB	0,8190	aA	0,5802	aA	0,6433	aA
EP	0,9596	aA	0,9596	aA	1,1775	aA	0,7758	bA	0,6313	aA	0,4610	aA
	Tempo = 18				Tempo = 24				Tempo = 48			
	HR		s/ HR		HR		s/ HR		HR		s/ HR	
E	0,7153	aA	0,5831	aA	0,6888	aA	0,6708	aA	0,8118	aA	0,8474	aA
EP	0,5589	aA	0,6132	aA	0,8068	aA	0,8293	aA	0,6484	aA	0,5561	aA

- Médias seguidas de pelo menos uma mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna para cada tempo, não diferem estatisticamente entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Em função do tempo foram constantes os teores de amido em folhas de hortelã-pimenta ao longo do armazenamento (Tabela 14).

Tabela 14 - Equações ajustadas do teor de amido (%) de hortelã-pimenta (*Mentha piperita* L.) armazenada em temperatura ambiente, submetida a hidroresfriamento e embalagens em função do tempo, sendo: SE, sem embalagem; HR, hidroresfriamento; EP, embalagem perfurada e E, embalagem não perfurada. Viçosa – MG, 2013.

Tratamento	Amido (%)
EP	$\hat{Y} = 0,6977$
EP + HR	$\hat{Y} = 0,9161$
E	$\hat{Y} = 0,8934$
E + HR	$\hat{Y} = 0,8929$
SE	$\hat{Y} = 0,8596$
SE + HR	$\hat{Y} = 0,7058$

Esse resultado indica que o amido não foi utilizado como fonte de substrato do metabolismo foliar ao longo do armazenamento.

i. Teor de óleo essencial

O teor de óleo essencial de hortelã-pimenta teve comportamento linear crescente em ramos acondicionados em embalagem plástica perfurada, com ou sem hidroresfriamento prévio. Os demais tratamentos não causaram variação nos teores ao longo do armazenamento (Figura 9).

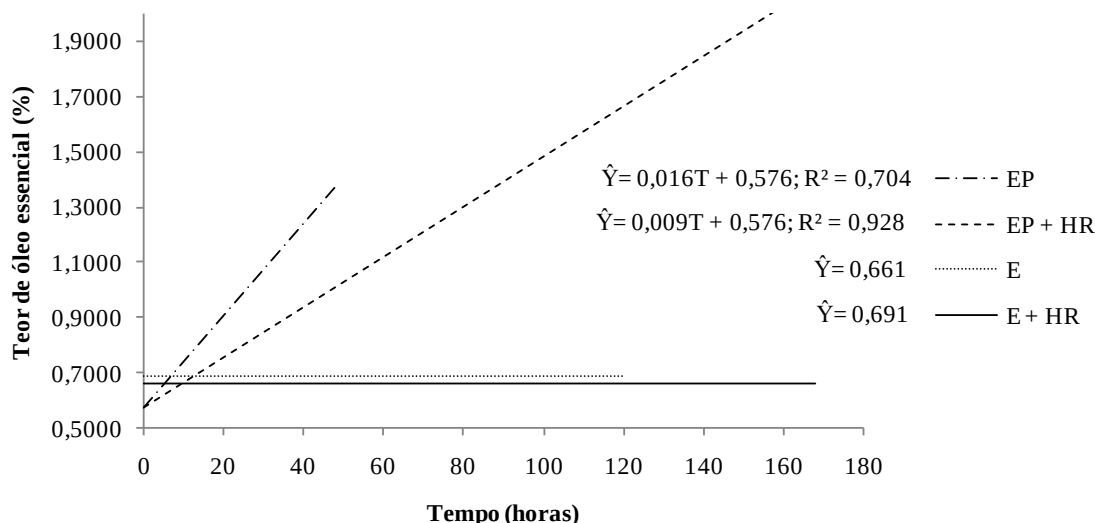


Figura 9 – Equações ajustadas do teor de óleo essencial (%) de hortelã-pimenta (*Mentha piperita* L.) armazenada em temperatura ambiente submetida a hidroresfriamento e embalagens em função do tempo, sendo: HR, hidroresfriamento; EP, embalagem perfurada e E, embalagem não perfurada. Viçosa – MG, 2013.

Os resultados indicam que a embalagem plástica perfurada fez com que houvesse concentração dos teores de óleo essencial de hortelã-pimenta. Com a gradual perda de água dos ramos submetidos à estes tratamentos, foi necessário maior quantidade de amostras vegetais para compor as amostras de óleo essencial. Tal fato contribuiu para o aumento dos teores do metabólito secundário.

Os coeficientes de determinação relativamente baixos se justificam pela queda brusca de teor de óleo essencial nas seis primeiras horas de armazenamento. Tal queda é explicada pelo excessivo manuseio da plantas e tempo de exposição enquanto os tratamentos eram aplicados.

O rendimento médio do teor de óleo essencial dos ramos não embalados foi 0,468% nas amostras hidroresfriadas e 0,712% nas amostras sem hidroresfriamento.

j. Composição química do óleo essencial

O cromatograma do óleo essencial extraído das folhas de menta podem ser visualizados com (Figura 10) e sem (Figura 11) a presença dos solventes.

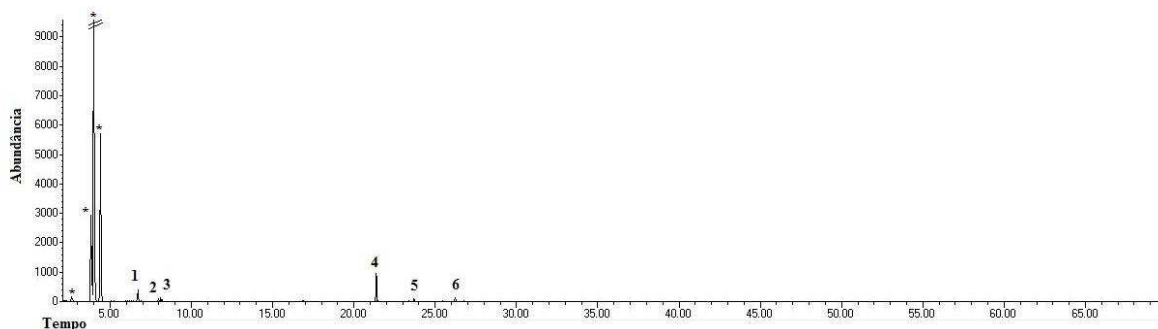


Figura 10 - Cromatograma de íons totais obtidos através da análise de cromatografia gasosa acoplada a espectrometria de massas (CG-EM) do óleo essencial de menta extraído das folhas acondicionadas em embalagem plástica não perfurada sem hidrofriação. O número, em negrito, sobre cada pico refere-se aos compostos detectados de acordo com a tabela 15.

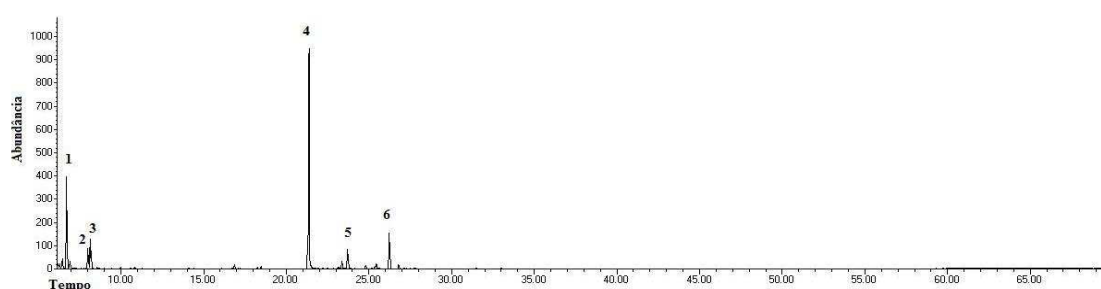
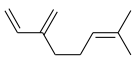
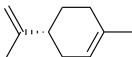
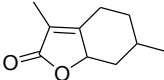
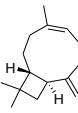
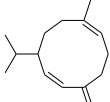


Figura 11 - Cromatograma de íons totais obtidos através da análise de cromatografia gasosa acoplada a espectrometria de massas (CG-EM) do óleo essencial de menta extraído das folhas acondicionadas em embalagem plástica não perfurada sem hidrofriação. O número, em negrito, sobre cada pico refere-se aos compostos detectados de acordo com a tabela 15. Os solventes detectados foram identificados com (*).

Na análise da composição química do óleo essencial de *M. piperita* armazenada em temperatura ambiente foram identificados seis compostos, quatro monoterpenos e dois sesquiterpenos (Tabela 15).

Tabela 15. Compostos identificados por CG-EM do óleo essencial de hortelã-pimenta e respectivos íons característicos.

Nº	TR	Compostos	Formula	PM	Estrutura química	Íons característicos
1	6.7	β -mircene	C ₁₀ H ₁₆	136		136(M ⁺ 4), 93(100), 94(10), 91(22), 92(11), 79(16), 77(15), 69(66), 65(5), 53(10)
2	8.0	D-limoneno	C ₁₀ H ₁₆	136		136 (M ⁺ 30), 121(31), 107(27), 105(10), 93(84), 92(29), 91(26), 79(42), 68(100), 67(73)
3	8.1	1,8-cineole	C ₁₀ H ₁₈ O	154		154(M ⁺ 71), 139(67), 136(10), 125(12), 121(11), 111(74), 108(91), 107(11), 96(40), 93(60)
4	21.3	mintlactona	C ₁₀ H ₁₄ O ₂	166		166(30), 138(100), 123(28), 109(27), 105(11), 95(17), 91(12), 81(19), 80(11), 79(28)
5	23.7	cariofileno	C ₁₅ H ₂₄	204		204(M ⁺ 10), 189(22), 161(41), 148(27), 147(36), 133(93), 122(11), 121(30), 120(44), 119(42)
6	26.2	germacreno D	C ₁₅ H ₂₄	204		204(M ⁺ 16), 161(100), 133(20), 120(23), 119(34), 107(11), 105(52), 91(46), 81(32), 77(22)

TR: tempo de retenção relativo.

O composto majoritário foi a mentilactona (Tabela 16). Não foi encontrado mentol, o composto considerado majoritário nas espécies de *Mentha*.

Tabela 16 - Compostos identificados por cromatografia gasosa acoplado a espectrômetro de massas (CG-EM) do óleo essencial de hortelã-pimenta nos tratamentos, sendo: SE, sem embalagem; HR, hidroresfriamento; EP, embalagem perfurada e E, embalagem não perfurada. Viçosa – MG, 2014.

% Área do cromatograma de íons totais (TIC)								
Temperatura Ambiente								
Nº	Composto	T=0	SE	HR	EP	E	EP + HR	E + HR
1	β -mirceno	12.7± 2.7	13.0 ±1.9	13.1±0.6	15.8±0.7	25.5±3.5	14.0±2.2	20.4±4.8
2	D-limoneno	nd	nd	nd	nd	4.1±0.0	nd	nd
3	1,8-cineol	nd	nd	nd	nd	3.8±0.0	nd	nd
4	mentilactona	74.9± 0.2	77.5±2.5	82.5±5.6	73.8±0.5	65.6±2.6	71.0±3.4	62.6±3.4
5	cariofileno	5.6± 0.0	nd	nd	nd	nd	8.0±0.0	6.2±0.0
6	germacreno D	9.6±1.5	9.5±0.7	8.8±0.0	10.3±1.2	9.4±	10.8±0.0	13.7±3.1

Nd: compostos não detectados. Valores médios da área relativa dos cromatogramas de íons totais de duas repetições seguidos dos seus respectivos desvios padrões. Identificação dos compostos foi realizada em comparação dos espectros com os das bibliotecas NIS 2.0¹ e Adams, 2007.

O cariofileno, encontrado no óleo essencial no tempo zero (T=0), foi conservado apenas em tratamentos hidroresfriados e embalados, independente da embalagem utilizada. Nos demais tratamentos, o cariofileno foi ausente.

D-Limoleno e 1,8-cineol, ausentes no tempo zero, foram encontrados apenas em ramos embalados em embalagem plástica não perfurada sem hidroresfriamento prévio.

Houve redução de mentalactona nos tratamentos mais longivos e aumento ou manutenção dos teores de mentalactona nos demais tratamentos.

O mentol é relatado como constituinte majoritário do óleo essencial de hortelã-pimenta (FARMACOPEIA BRASILEIRA, 2010). Entretanto, alguns trabalhos relatam a ausência deste constituinte em alguns genótipos de *Mentha piperita* L. De acordo com Monteiro (2009), a ausência de algumas enzimas envolvidas no processo de síntese do monoterpeno mentol pode levar à diferenças na composição do óleo essencial da espécie, como é o caso da pulegona redutase e mentona redutase para formação do mentol. Deschamps et al (2008) encontrou linalol como composto majoritário da cultivar Grapefruit Mint de *Mentha x piperita*, enquanto α -terpineol e D-germaneno foram encontrados em maior porcentagem na cultivar Banana Mint e α -felandreno-8-ol e cis-ocimeno, na cultivar Persian Mint. Souza et al (2006) atribuiu baixos teores de mentol em *Mentha piperita* cultivada em sistema hidropônico à idade avançada das plantas. Oliveira (2011) não encontrou mentol, mentona e mentofurano em ramos de *Mentha piperita* var. citrata. Neste trabalho, os compostos majoritários identificados foram α -fenchol (58,4% – 41,9%) e cis-mirtanol (30,0% - 17,5%).

Diferenças na composição química do óleo essencial em relação à idade da planta foram encontradas em outras espécies (COURT et al. 1993) como *Pycnocycla spinosa* (ASGHARI et al., 2002), *Alpinia zerumbet* (MURAKAMI et al., 2007) e *Myrcia salzmanni* (CERQUEIRA et al., 2009), sendo relacionada as condições climáticas, evidenciando que determinados compostos podem ser mais sensíveis que outros as alterações climáticas (MURAKAMI et al., 2009), a idade e ao estágio de desenvolvimento da planta. Moraes (2009) reúne numa revisão os fatores ambientais que influenciam a composição de óleos essenciais.

De acordo com Simionatto (2004), o monoterpeno mentofurano se decompõe à mentalactona. Neste estudo, o óleo de *Cunila microcephala* foi armazenado com e sem solvente em ambiente refrigerado e temperatura ambiente e o contato com oxigênio presente no ar, em todas as condições, oxidava o mentofurano à mentalactona (Figura 12).

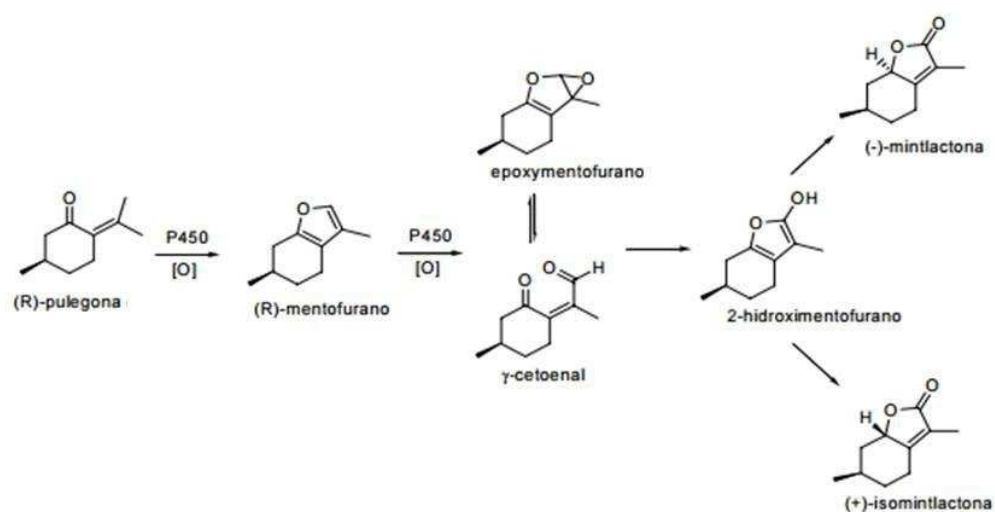


Figura 12 - Esquema da (R)-Pulegona, incluindo as estruturas do 2-hidroximentofurano, (+)-isomentalactona e (-)-mentalactona. Adaptado de Simionatto (2004).

Mentalactona é uma lactona monoterpênica. São lactonas monoterpênicas: mentofurano, isomentalactona e dehidro-mentalactona. Esses quatro constituintes químicos contribuem com as notas odoríferas de coco, doce de feno e tipo cumarínico do óleo essencial de hortelã pimenta (Riachi, 2014). Mentalactona mostrou atividade antibacteriana em trabalho realizado por Simionatto (2004).

2. Experimento II - Qualidade pós-colheita de hortelã-pimenta fresca armazenada em ambiente refrigerado, em função do hidrolesfriamento e da embalagem

A análise de variância mostrou influência dos tratamentos e do tempo nas características avaliadas (Tabela 17 e Tabela 18).

Tabela 17 - Quadro da análise de variância para perda de massa fresca acumulada (PM), clorofila, açúcares solúveis totais (AST), açúcares redutores (RED), açúcares não redutores (NRED) e amido (AM) de folhas de hortelã-pimenta (*Mentha piperita* L.) armazenados em ambiente refrigerado em diferentes tipos de embalagem com ou sem hidrolesfriamento em função do tempo. Viçosa – MG, 2014.

Fontes de variação	G.L	PM	Clorofila	AST	AR	ANR	AM
Embalagem (E)	1	21,6529	90,0917	0,4233*	0,0737**	0,1442	0,086
Hidrolesfriamento (HR)	1	0,6436	439,9506**	2,5332**	0,0339*	1,9286**	2,8140**
E x HR	1	3,3944	0,9834	0,00064	0,0242*	0,0329	0,3715
Erro (a)	12	46,7709	63,5908	0,0707	0,0058	0,0459	0,3184
Tempo (T)	8	747,1443**	141,9359**	0,8174**	0,3019**	0,2462**	1,7407**
T x E	8	2,2536	1,7791	0,2550**	0,0973**	0,0634*	0,449
T x HR	8	1,3355	32,8227**	0,2494**	0,0519**	0,1289**	0,2395
T x E x HR	8	2,1482	2,2832	0,3032**	0,0417**	0,1375**	0,3775
Resíduo	96	7,49	5,6198	0,0372	0,0103	0,0262	0,3172
C.V (%)		37,412	7,2856	17,448	17,203	31,311	31,568

**, * significativo pelo teste F a 1% e 5%, respectivamente

a. Análise Visual

O comportamento dos ramos de hortelã-pimenta submetidos à refrigeração foi semelhante ao observado no experimento I, quando as plantas foram armazenadas em condições ambientais.

Nos ramos não embalados o prazo de consumo foi menor (Tabela 18). O hidrolesfriamento fez com que os ramos permanecessem comercializáveis por maior período quando comparado aos ramos não hidrolesfriados, resultado observado dentre as plantas submetidas à embalagem, com ou sem perfuração.

Tabela 18 - Vida de prateleira de hortelã-pimenta (*Mentha piperita* L.) armazenada em ambiente refrigerado (5°C) em função do tipo de embalagem e do hidroresfriamento, sendo: SE, sem embalagem; HR, hidroresfriamento; EP, embalagem perfurada e E, embalagem não perfurada. Viçosa – MG, 2014.

Tratamento	Vida de prateleira (horas)	Vida de prateleira (aumento relativo*)
SE	18	
SE + HR	24	1,33 vezes (25%)
EP	120	6,67 vezes (667%)
EP + HR	288	16 vezes (1500%)
E	192	10,67 vezes (967%)
E + HR	384	21,33 vezes (2033%)

*Em relação às plantas sem embalagem e sem hidroresfriamento.

Além disso, a embalagem plástica não perfurada demonstrou maior conservação visual dos ramos de hortelã-pimenta. Neste tratamento houve formação da atmosfera úmida em torno do produto indicado pelo embaçamento da embalagem (Figura 13).

No entanto, contrariamente ao observado no experimento I, não foram observados sinais de apodrecimento ao final da vida de prateleira dos ramos submetidos à hidroresfriamento. Assim, a determinação do fim do tempo comercializável dos ramos em questão ocorreu apenas devido aos sintomas de perda de água, como murcha e encarquilhamento, assim como nos demais tratamentos.



Figura 13 - Embalamento em embalagens PET não perfuradas (indicado pela seta) em comparação à embalagem perfurada (EP+HR) e ramos não embalados (HR) de hortelã-pimenta (*Mentha piperita* L.). Viçosa-MG, 2014.

O ganho relativo de tempo comercializável dos ramos de hortelã-pimenta alcançou 25% com o hidroresfriamento, 967% quando foi utilizada apenas a embalagem e 2033% pelo hidroresfriamento e embalagem não perfurada.

Não foram observados sinais de injúria por frio durante todo o período de armazenamento, indicando tolerância da espécie às baixas temperaturas.

O fim da vida de prateleira do ora-pro-nobis refrigerado foi caracterizado pela perda de água e consequente murchamento das folhas, semelhantemente ao ocorrido neste trabalho. A murcha em ora-pro-nobis ocorreu após 120 horas (5 dias) nas folhas sem embalagem plástica perfurada e 216 horas (9 dias) nas folhas embaladas, independentemente do uso ou não do hidroresfriamento (BARBOSA et al., 2015).

Em trabalho realizado por Álvares et al. (2010), assim como no presente trabalho, a maior longevidade das folhas de salsinha (*Petroselinum crispum*) foi causada pelo ambiente refrigerado. De acordo com Paull (1999), a baixa temperatura é o método mais eficiente e barato de retardamento da senescência de frutas e vegetais. Além disso, possui vantagens adicionais na manutenção do valor nutricional, aparência, textura, sabor e odor dos alimentos. Toivonen (1997) também conseguiu incremento de sete dias

na vida de prateleira de brócolis quando os floretes foram armazenados em ambiente refrigerado.

b. Perda de massa fresca acumulada

Contrariamente ao observado no experimento I, a perda de massa acumulada nas folhas frescas de hortelã-pimenta armazenada em ambiente refrigerado não variou em função dos tratamentos (Tabela 19).

Tabela 19 - Perda de massa fresca acumulada (%) de folhas frescas de hortelã-pimenta (*Mentha piperita* L.) armazenada em ambiente refrigerado em função do tipo de embalagem e do hidrosfriamento, sendo: HR, hidrosfriamento; EP, embalagem perfurada e E, embalagem não perfurada. Viçosa – MG, 2014.

	Tempo = 0				Tempo = 6				Tempo = 12			
	HR		s/ HR		HR		s/ HR		HR		s/ HR	
E	0,0000	aA	0,0000	aA	0,5825	aA	1,4432	aA	2,4269	aA	2,9923	aA
EP	0,0000	aA	0,0000	aA	1,4574	aA	1,4125	aA	2,427	aA	3,1197	aA
	Tempo = 18				Tempo = 24				Tempo = 48			
	HR		s/ HR		HR		s/ HR		HR		s/ HR	
E	3,3885	aA	3,3844	aA	4,1445	aA	3,682	aA	5,7527	aA	5,0284	aA
EP	3,6236	aA	4,1573	aA	4,3585	aA	4,8142	aA	8,0043	aA	7,7877	aA
	Tempo = 72				Tempo = 96				Tempo = 120			
	HR		s/ HR		HR		s/ HR		HR		s/ HR	
E	12,0340	aA	11,3779	aA	15,6620	aA	16,1986	aA	17,5764	aA	19,0209	aA
EP	13,1781	aA	11,7753	aA	17,9797	aA	15,5281	aA	20,2825	aA	18,7490	aA

- Médias seguidas de pelo menos uma mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna para cada tempo, não diferem estatisticamente entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

O resultado demonstra que a refrigeração nivelou as taxas de perda de massa fresca acumulada nas 120 primeiras horas de armazenamento.

No entanto, o comportamento da perda de massa acumulada das folhas frescas em função do tempo teve comportamento linear e crescente em todos os tratamentos (Figura 14).

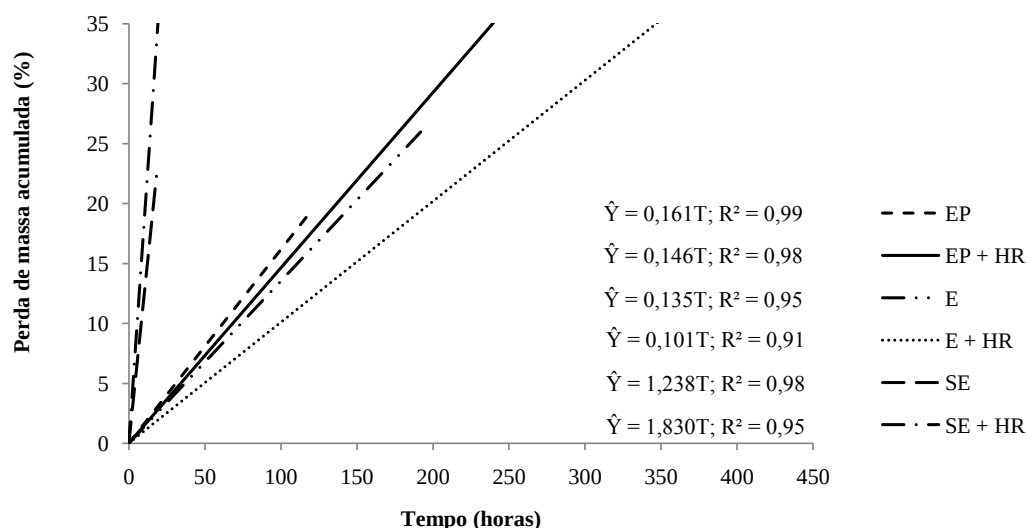


Figura 14 – Perda de massa fresca acumulada de folhas frescas de hortelã-pimenta (*Mentha piperita* L.) armazenada em ambiente refrigerado submetida a hidroresfriamento e embalagens, em função do tempo, sendo: SE, sem embalagem; HR, hidroresfriamento; EP, embalagem perfurada e E, embalagem não perfurada. Viçosa – MG, 2014.

As análises indicaram maiores inclinações das retas correspondentes aos ramos não embalados. As maiores taxas de perda de massa (%.h⁻¹) foram observadas nas folhas de hortelã-pimenta não embaladas quando comparadas às demais, sendo 1,83 nos ramos hidroresfriados e 1,24 nos ramos não hidroresfriados.

Quando acondicionados em embalagem perfurada, a taxa obtida foi de 0,16 nos ramos não hidroresfriados e 0,15 nos ramos hidroresfriados. Já nos ramos embalados em embalagem não perfurada as taxas de perda de massa foram menores, sendo 0,13 nos ramos não hidroresfriados e 0,10 nos ramos hidroresfriados.

A maior taxa de perda de massa em ramos não hidroresfriados indica que a maior respiração dos produtos hortícolas decorrente da alta temperatura ocasionou aumento do déficit de pressão de vapor do ar e, conseqüentemente, a transpiração nos ambientes saturados de vapor de água, como aquele que ocorre no interior da embalagem PET não perfurada contendo as folhas com o calor de campo elevado (BEN-YEHOSHUA, 1987).

Álvares et al. (2010) encontraram menor taxa de perda de massa em ramos de salsinha acondicionados em embalagem não perfurada. E, dentre estas, maior taxa de perda de massa em ramos não hidroresfriados.

O resultado é coerente com o encontrado por Gillies e Toivonen (1995), os quais sugeriram que a embalagem plástica, além de reduzir o déficit de pressão de vapor entre atmosfera e produto, isolou o brócolis da refrigeração, mantendo a temperatura no

interior do pacote sempre inferior à temperatura da sala de refrigeração, amorteceu efeitos de flutuações ocasionais na temperatura da câmara e ocasionadas pelo manuseio do produto.

Semelhantemente ao experimento I, a embalagem não perfurada evitou eficientemente a perda de água das folhas de hortelã-pimenta e as maiores taxas de perda de massa fresca de ramos hidroresfriados quando comparados à taxa de ramos não hidroresfriados, ambos sem embalagem plástica, indicam a perda da água aderida ou absorvida durante o procedimento de hidroresfriamento.

c. Teor relativo de água

O teor relativo de água dos ramos de hortelã-pimenta variou em função do hidroresfriamento e tempo (Tabela 20).

Tabela 20 - Quadro da análise de variância para teor relativo de água (TRA) de ramos de menta (*Mentha x piperita* L.) armazenados em ambiente refrigerado em diferentes tipos de embalagem com ou sem hidroresfriamento em função do tempo. Viçosa – MG, 2014.

Fontes de variação	G.L	TRA
Embalagem (E)	1	520,8620**
Hidroresfriamento (HR)	1	17139,01**
E x HR	1	164,3143
Erro (a)	12	44,2520
Tempo (T)	2	2001,769**
T x E	2	154,2413**
T x HR	2	780,1232**
T x E x HR	2	25,7584
Resíduo	24	44,0429
C.V (%)		7,2917

** significativo pelo teste F a 1%

O teste de médias mostrou que a embalagem não perfurada foi eficiente na manutenção dos teores relativos de água dos ramos hidroresfriados durante as horas iniciais de armazenamento (Tabela 21).

Tabela 21 - Teor relativo de água (TRA=%) de hortelã-pimenta (*Mentha piperita* L.) armazenada em ambiente refrigerado, em função do tipo de embalagem e do hidroresfriamento, sendo: HR, hidroresfriamento; EP, embalagem perfurada e E, embalagem não perfurada. Viçosa – MG, 2014.

	Tempo = 0				Tempo = 24				Tempo = 48			
	HR		s/ HR		HR		s/ HR		HR		s/ HR	
E	85,0818	aA	85,0818	aA	136,0568	aA	93,258	bA	127,7534	aA	87,226	bA
EP	85,0818	aA	85,0818	aA	117,4970	aB	84,713	bA	112,7046	aB	79,28	bA
	Tempo = 72				Tempo = 96				Tempo = 120			
	HR		s/ HR		HR		s/ HR		HR		s/ HR	
E	100,4735	aA	75,637	bA	99,5966	aA	69,46	bA	99,1167	aA	61,379	bA
EP	101,1368	aA	75,523	bA	95,1173	aA	68,742	bA	92,8905	aA	66,448	bA

- Médias seguidas de pelo menos uma mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna para cada tempo, não diferem estatisticamente entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Até às 48 horas de armazenamento, o teor relativo de água foi maior nestes ramos em comparação aos ramos mantidos em embalagem perfurada. No entanto, após às 72 horas de armazenamento os teores foram igualados estatisticamente.

Foram observados maiores teores relativos de água nos ramos hidroresfriados em comparação aos ramos não hidroresfriados durante toda o período que permaneceram na prateleira. Álvares et al. (2010) detectaram maior teor relativo de água em folhas de salsinhas hidroresfriadas e armazenadas à 5°C quando comparadas à testemunha sem o pré-resfriamento. O incremento no teor de água das folhas após hidroresfriamento e armazenamento por 24 horas foi, em média, de 49%. Os teores maiores que 100% são justificáveis pelo alto conteúdo hídrico das folhas após o procedimento.

Em função do tempo, o comportamento do teor relativo de água foi linear decrescente nos ramos embalados em embalagem perfurada sem hidroresfriamento prévio e nos ramos não embalados submetidos à hidroresfriamento (Tabela 22). Não houve variação do teor relativo de água durante o armazenamento nos demais tratamentos.

Tabela 22 – Equações ajustadas do teor relativo de água (%) de hortelã-pimenta (*Mentha piperita* L.) armazenada em ambiente refrigerado submetida a hidroresfriamento e embalagens em função do tempo, sendo: SE, sem embalagem; HR, hidroresfriamento; EP, embalagem perfurada e E, embalagem não perfurada. Viçosa – MG, 2014.

TRATAMENTOS	TRA (%)
EP	$\hat{Y} = -0,151x + 85,1; R^2 = 0,94$
EP + HR	$\hat{Y} = 91,21$
E	$\hat{Y} = 77,27$
E + HR	$\hat{Y} = 100,04$
SE	$\hat{Y} = 74,67$
SE + HR	$\hat{Y} = -0,936x + 85,1; R^2 = 0,91$

Esse resultado indica menor conservação do teor relativo de água das folhas não

embaladas e das folhas não hidroresfriadas e armazenadas em embalagem perfurada.

A manutenção dos teores em ramos não embalados sem hidroresfriamento é justificado apenas pela rápida senescência dos ramos e impossibilidade de configuração gráfica, pois foram obtidos apenas dois pontos (0 e 18 horas após armazenamento).

d. Clorofila

O teor de clorofila das folhas de hortelã-pimenta armazenada em ambiente refrigerado variou em função do tempo e tratamentos.

Semelhantemente ao observado no experimento I, o teste de médias mostrou que a partir de 48 horas de armazenamento, nas plantas hidroresfriadas embaladas em embalagem não perfurada houve menor concentração de clorofila quando comparado aos ramos não hidroresfriados (Tabela 23). Esse resultado pode ser também explicado pela menor perda de massa propiciada por esse tratamento e consequente diluição dos pigmentos na área foliar avaliada. O mesmo ocorreu quando os ramos foram colocados em embalagem perfurada à partir de 96 horas de armazenamento.

Tabela 23 – Teor de clorofila (SPAD) de hortelã-pimenta (*Mentha piperita* L.) armazenada em ambiente refrigerado, em função do tipo de embalagem e do hidroresfriamento, sendo: HR, hidroresfriamento; EP, embalagem perfurada e E, embalagem não perfurada. Viçosa – MG, 2014.

	Tempo = 0				Tempo = 6				Tempo = 12			
	HR		s/ HR		HR		s/ HR		HR		s/ HR	
E	29,525	aA	31,025	aA	31,600	aA	32,575	aA	30,475	aA	30,475	aA
EP	28,450	aA	29,175	aA	29,300	aA	30,750	aA	28,150	aA	29,000	aA
	Tempo = 18				Tempo = 24				Tempo = 48			
	HR		s/ HR		HR		s/ HR		HR		s/ HR	
E	30,725	aA	30,650	aA	32,200	aA	33,600	aA	30,575	bA	35,575	aA
EP	28,650	aA	30,700	aA	28,700	aA	32,725	aA	28,950	aA	33,725	aA
	Tempo = 72				Tempo = 96				Tempo = 120			
	HR		s/ HR		HR		s/ HR		HR		s/ HR	
E	32,525	bA	38,650	aA	33,825	bA	39,975	aA	34,350	bA	42,425	aA
EP	31,000	aA	35,850	aA	33,000	bA	38,925	aA	32,225	bA	41,350	aA

- Médias seguidas de pelo menos uma mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna para cada tempo, não diferem estatisticamente entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Álvarez et al. (2007) obteve o mesmo resultado com salsinha. Neste, embora não tenha sido observada variação do teor de clorofila em função do tempo, os valores de SPAD em ramos hidroresfriados foram significativamente menores do que em ramos controle, o que reflete o ganho de água dos tecidos durante o processo de pré-resfriamento criando o efeito de diluição do conteúdo de clorofila.

Em função do tempo, o teor de clorofila das folhas demonstrou resposta linear

crescente em todos os tratamentos (Figura 15). Tal resposta pode ser explicada pela concentração dos pigmentos devido à perda de massa e redução do conteúdo hídrico das folhas. As maiores inclinações das retas indicam maiores taxas de concentração e foram observadas nos ramos não embalados seguidos por ramos embalados e não hidroresfriados e por fim, ramos embalados após hidroresfriamento.

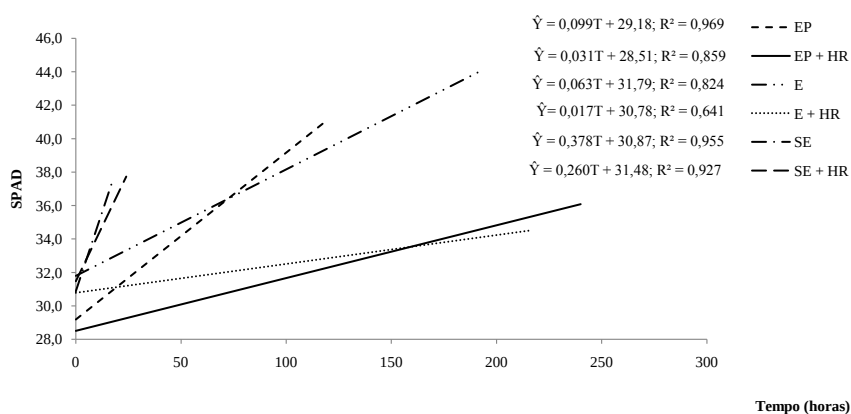


Figura 15 – Equações ajustadas do índice SPAD de folhas de hortelã-pimenta (*Mentha piperita* L.) armazenadas em ambiente refrigerado submetidas a hidroresfriamento e embalagens, em função do tempo (horas), sendo: HR, hidroresfriamento; EP, embalagem perfurada e E, embalagem não perfurada. Viçosa – MG, 2014.

e. Açúcares solúveis totais

Os teores de açúcares solúveis totais variaram em função dos tratamentos e do tempo. De maneira semelhante ao experimento I, o teste de médias mostrou que em muitos momentos durante o armazenamento, nos ramos hidroresfriados foram menores os teores de açúcares solúveis totais (Tabela 24).

Tabela 24 - Teor de açúcares solúveis totais (%) de hortelã-pimenta (*Mentha piperita* L.) armazenada em ambiente refrigerado, em função do tipo de embalagem e do hidroresfriamento, sendo: HR, hidroresfriamento; EP, embalagem perfurada e E, embalagem não perfurada. Viçosa – MG, 2014.

	Tempo = 0				Tempo = 6				Tempo = 12			
	HR		s/ HR		HR		s/ HR		HR		s/ HR	
E	0,8942	aA	0,8942	aA	0,6979	aB	0,8807	aA	0,8177	aA	0,9605	aA
EP	0,8942	aA	0,8942	aA	1,0405	aA	1,0500	aA	0,975	aA	1,1297	aA
	Tempo = 18				Tempo = 24				Tempo = 48			
	HR		s/ HR		HR		s/ HR		HR		s/ HR	
E	0,6598	bA	1,0512	aA	0,8921	aA	1,1189	aA	1,3448	bA	1,7706	aA
EP	0,8144	aA	0,866	aA	0,9349	aA	1,0801	aA	1,6223	aA	1,1992	bB
	Tempo = 72				Tempo = 96				Tempo = 120			
	HR		s/ HR		HR		s/ HR		HR		s/ HR	
E	1,0129	bA	1,5301	aA	1,0138	bA	1,6351	aA	0,9101	aA	0,8273	aB
EP	1,0181	bA	1,5366	aA	0,9598	bA	1,6947	aA	0,9980	bA	2,1562	aA

- Médias seguidas de pelo menos uma mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna para cada tempo, não diferem estatisticamente entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Da mesma forma, esse resultado é explicado pela concentração dos açúcares nos ramos que perderam mais água e, de forma contrária, pela diluição nos ramos mais túrgidos dos açúcares em questão.

O teste mostra também oscilações da concentração de açúcares solúveis totais entre as embalagens no tempo igual a 6, 48 e 120 horas de armazenamento. Tais resultados podem ser explicados pela condição hídrica momentânea das folhas reservadas à análise de tais açúcares.

Em função do tempo houve comportamento linear crescente do teor de açúcares solúveis totais nos ramos: sem embalagem, com e sem hidroresfriamento e embalados em embalagem perfurada (Tabela 25).

Tabela 25 – Equações ajustadas do teor de açúcares solúveis totais (%) de hortelã-pimenta (*Mentha piperita* L.) armazenada em ambiente refrigerado, submetida a hidroresfriamento e embalagens, em função do tempo, sendo: SE, sem hidroresfriamento; HR, hidroresfriamento; EP, embalagem perfurada e E, embalagem não perfurada. Viçosa – MG, 2014.

TRATAMENTOS	AST (%)
EP	$\hat{Y} = 0,009x + 0,894; R^2 = 0,92$
EP + HR	$\hat{Y} = 1,0577$
E	$\hat{Y} = 1,2763$
E + HR	$\hat{Y} = 0,8400$
SE	$\hat{Y} = 0,034x + 0,894; R^2 = 0,64$
SE + HR	$\hat{Y} = 0,009x + 0,894; R^2 = 0,92$

Esse aumento é justificável também pela concentração dos açúcares dos ramos em função da perda de água, porque estes tratamentos causaram maiores taxas de perda de massa e queda no conteúdo hídrico em função do tempo.

f. Açúcares redutores

Os teores de açúcares redutores em folhas de hortelã-pimenta armazenada em ambiente refrigerado variaram em função do hidroresfriamento e tempo.

A partir das 72 horas de armazenamento, menores teores de açúcares redutores em ramos hidroresfriados quando comparados à ramos não hidroresfriados acondicionados em embalagem perfurada. O resultado pode ser explicado pela diluição ocorrida em ramos hidroresfriados, semelhantemente ao que ocorre com os açúcares solúveis totais, teores de clorofila e também observado no experimento I (Tabela 26).

Tabela 26 - Teor de açúcares redutores (%) de hortelã-pimenta (*Mentha piperita* L.) armazenada em ambiente refrigerado, em função do tipo de embalagem e do hidroresfriamento, sendo: HR, hidroresfriamento; EP, embalagem perfurada e E, embalagem não perfurada. Viçosa – MG, 2014.

	Tempo = 0				Tempo = 6				Tempo = 12			
	HR		s/ HR		HR		s/ HR		HR		s/ HR	
E	0,4619	aA	0,4619	aA	0,4511	aA	0,5258	aA	0,4004	aA	0,4817	aA
EP	0,4619	aA	0,4619	aA	0,5263	aA	0,5668	aA	0,4805	aA	0,5004	aA
	Tempo = 18				Tempo = 24				Tempo = 48			
	HR		s/ HR		HR		s/ HR		HR		s/ HR	
E	0,3665	aA	0,4775	aA	0,5583	aA	0,5143	aA	0,7596	aA	0,6393	aA
EP	0,4315	aA	0,4195	aA	0,5185	aA	0,5124	aA	0,8737	aA	0,5284	bA
	Tempo = 72				Tempo = 96				Tempo = 120			
	HR		s/ HR		HR		s/ HR		HR		s/ HR	
E	0,8198	aA	0,8204	aA	0,6785	aA	0,6978	aA	0,5826	aB	0,5029	aB
EP	0,6302	bB	0,8116	aA	0,5192	bB	0,8006	aA	0,8106	bA	1,1605	aA

- Médias seguidas de pelo menos uma mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna para cada tempo, não diferem estatisticamente entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Foram observados menores teores de açúcares redutores em embalagem comum em comparação à perfurada no período final da avaliação. Estes dados podem ser explicados pela simples diluição, porque as embalagens não perfuradas reduziram o processo de perda de água do produto.

O inverso foi observado em ramos hidroresfriados no tempo igual à 72 e 96 horas. Esse resultado pode ser explicado pelas maiores taxas metabólicas do produto submetido à embalagem perfurada em comparação ao produto submetido à embalagem não perfurada. Havendo, portanto, maior consumo de substratos respiratórios.

Em função do tempo, a análise dos teores de açúcares redutores revelou o comportamento quadrático dos ramos embalados em recipiente perfurado, linear crescente dos ramos sem acondicionamento e sem hidroresfriamento e constante igual à média dos demais tratamentos (Tabela 27).

Tabela 27 – Equações ajustadas do teor de açúcares redutores (%) de hortelã-pimenta (*Mentha piperita* L.) armazenada em ambiente refrigerado, submetida a hidroresfriamento e embalagens, em função do tempo, sendo: SE, sem embalagem; HR, hidroresfriamento; EP, embalagem perfurada e E, embalagem não perfurada. Viçosa – MG, 2014.

TRATAMENTOS	AR (%)
EP	$\hat{Y} = 0,00004x^2 + 0,481; R^2 = 0,92$
EP + HR	$\hat{Y} = 0,6297$
E	$\hat{Y} = 0,6616$
E + HR	$\hat{Y} = 0,6044$
SE	$\hat{Y} = 0,004x + 0,461; R^2 = 0,65$
SE + HR	$\hat{Y} = 0,5430$

]

Este resultado indica a concentração dos açúcares redutores em folhas não embaladas ou submetidas à embalagem perfurada sem hidroresfriamento prévio ao longo do tempo de armazenamento. Foram observados em folhas com maior perda de água no decorrer do tempo como comprova os valores de teor relativo de água das folhas desses tratamentos.

g. Açúcares não redutores

Contrariamente ao experimento I, foi detectada a presença de açúcares não redutores nas folhas de hortelã-pimenta armazenada em ambiente refrigerado. Os teores de açúcares não redutores variaram em função do hidroresfriamento e tempo.

Em alguns momentos, muito semelhantemente ao ocorrido com açúcares solúveis totais, menores teores de açúcares redutores em ramos hidroresfriados quando comparados à ramos não hidroresfriados (Tabela 28). Tal fato é explicado pela diluição ocorrida nestes ramos.

Tabela 28 - Teor de açúcares não redutores (%) de hortelã-pimenta (*Mentha piperita* L.) armazenada em ambiente refrigerado, em função do tipo de embalagem e do hidroresfriamento, sendo: HR, hidroresfriamento; EP, embalagem perfurada e E, embalagem não perfurada. Viçosa – MG, 2014.

	Tempo = 0				Tempo = 6				Tempo = 12			
	HR		s/ HR		HR		s/ HR		HR		s/ HR	
E	0,4324	aA	0,4324	aA	0,2467	aB	0,3549	aA	0,4173	aA	0,4788	aA
EP	0,4324	aA	0,4324	aA	0,5142	aA	0,4833	aA	0,4945	aA	0,6292	aA
	Tempo = 18				Tempo = 24				Tempo = 48			
	HR		s/ HR		HR		s/ HR		HR		s/ HR	
E	0,2933	bA	0,5737	aA	0,3339	bA	0,6046	aA	0,5853	bA	1,1313	aA
EP	0,3829	aA	0,4464	aA	0,4164	aA	0,5677	aA	0,7486	aA	0,6798	aB
	Tempo = 72				Tempo = 96				Tempo = 120			
	HR		s/ HR		HR		s/ HR		HR		s/ HR	
E	0,2202	bA	0,7097	aA	0,3353	bA	0,9373	aA	0,3275	aA	0,3243	aB
EP	0,3879	bA	0,7250	aA	0,4406	bA	0,8940	aA	0,2162	bA	0,9943	aA

- Médias seguidas de pelo menos uma mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna para cada tempo, não diferem estatisticamente entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Houve também menores teores de açúcares não redutores em ramos embalados em embalagem não perfurada, às 6 horas de armazenamento em ramos hidroresfriados e às 120 horas de armazenamento em ramos não hidroresfriados. Estas diferenças, ocorridas em açúcares redutores, são explicadas pelo fenômeno de diluição, visto que as embalagens não perfuradas reduziram a perda de água do produto e consequentemente não houve efeito de concentração.

Em função do tempo, os dados dos teores de açúcares não redutores foram ajustados na equação linear crescente para os ramos embalados em embalagem perfurada sem hidroresfriamento e ramos sem acondicionamento, com ou sem hidroresfriamento prévio. Os teores foram constantes nos demais tratamentos em função do tempo (Tabela 29).

Tabela 29 – Equações ajustadas do teor de açúcares não redutores (%) de hortelã-pimenta (*Mentha piperita* L.) armazenada em ambiente refrigerado, submetida a hidroresfriamento e embalagens em função do tempo, sendo: SE, sem embalagem; HR, hidroresfriamento; EP, embalagem perfurada e E, embalagem não perfurada. Viçosa – MG, 2014.

TRATAMENTOS	ANR (%)
EP	$\hat{Y} = 0,004x + 0,432; R^2 = 0,91$
EP + HR	$\hat{Y} = 0,4317$
E	$\hat{Y} = 0,6213$
E + HR	$\hat{Y} = 0,2616$
SE	$\hat{Y} = 0,034x + 0,432; R^2 = 0,99$
SE + HR	$\hat{Y} = 0,029x + 0,432; R^2 = 0,57$

O comportamento é semelhante ao ocorrido com açúcares solúveis totais e explicado pelo fenômeno de concentração dos solutos ao longo do tempo.

Resultado semelhante ao obtido por Barbosa et al. (2015) com ora-pro-nobis, pois nos tratamentos mais susceptíveis à perda de água, a concentração dos açúcares não redutores foi independente da temperatura de armazenamento.

h. Amido

A análise de variância indica que houve influência dos tratamentos e do tempo de armazenamento nos teores de amido das folhas de hortelã-pimenta armazenada em ambiente refrigerado.

Considerando os efeitos de concentrações e diluições pontuais. Às 96 horas de armazenamento, menor concentração de amido foi encontrada em ramos hidroresfriados em comparação aos ramos não hidroresfriados, ambos com acondicionamento em embalagem perfurada. Às 48 horas houve menor teor de amido em ramos embalados em embalagem perfurada em comparação aos ramos em embalagens comuns, ambos sem hidroresfriamento (Tabela 30).

Tabela 30 - Teor de amido (%) de hortelã-pimenta (*Mentha piperita* L.) armazenada em ambiente refrigerado, em função do tipo de embalagem e do hidroresfriamento, sendo: HR, hidroresfriamento; EP, embalagem perfurada e E, embalagem não perfurada. Viçosa – MG, 2014.

	Tempo = 0				Tempo = 6				Tempo = 12			
	HR		s/ HR		HR		s/ HR		HR		s/ HR	
E	2,1858	aA	2,1858	aA	2,1533	aA	2,6314	aA	1,6265	aB	2,3015	aA
EP	2,1858	aA	2,1858	aA	1,6806	aA	2,0062	aA	2,5216	aA	2,1881	aA
	Tempo = 18				Tempo = 24				Tempo = 48			
	HR		s/ HR		HR		s/ HR		HR		s/ HR	
E	1,2879	aA	2,0182	aA	1,588	aA	1,4668	aA	1,5664	aA	2,3301	aA
EP	1,6444	aA	1,7302	aA	1,3287	aA	1,3583	aA	1,8335	aA	1,4516	aB
	Tempo = 72				Tempo = 96				Tempo = 120			
	HR		s/ HR		HR		s/ HR		HR		s/ HR	
E	1,3954	aA	1,7198	aA	1,1169	aA	1,6313	aA	1,6420	aA	1,7077	aA
EP	1,1088	aA	1,3224	aA	0,9126	bA	1,9335	aA	1,8206	aA	2,4624	aA

- Médias seguidas de pelo menos uma mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna para cada tempo, não diferem estatisticamente entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Em função do tempo, a análise do teor de amido nas folhas de hortelã-pimenta revelou comportamento quadrático dos ramos embalados em embalagem perfurada sem hidroresfriamento e em ramos sem embalagem e sem hidroresfriamento. Houve ainda comportamento linear decrescente dos teores de amido em ramos hidroresfriados sem embalagem. Os demais tratamentos mostraram teores constantes iguais à média (Tabela 31).

Tabela 31 – Equações ajustadas do teor de amido (%) de hortelã-pimenta (*Mentha piperita* L.) armazenada em ambiente refrigerado, submetida a hidroresfriamento e embalagens, em função do tempo, sendo: SE, sem embalagem; HR, hidroresfriamento; EP, embalagem perfurada e E, embalagem não perfurada. Viçosa – MG, 2014.

TRATAMENTOS	AM (%)
EP	$\hat{Y} = 0,00001x^2 - 0,030x + 2,185; R^2 = 0,84$
EP + HR	$\hat{Y} = 1,7396$
E	$\hat{Y} = 2,1509$
E + HR	$\hat{Y} = 1,5463$
SE	$\hat{Y} = -0,017x^2 + 0,047x + 2,185; R^2 = 0,91$
SE + HR	$\hat{Y} = -0,028x + 2,185; R^2 = 0,75$

A queda dos teores de amido nestes tratamentos em função do tempo indica desdobramento químico do amido pelo metabolismo fisiológico das folhas. Provavelmente foram metabolizados durante processo respiratório mais intenso nestes tratamentos em virtude da má conservação proporcionada.

Simões et al. (2010) observaram em couve processada ou inteira, a redução nos teores de amido em função do tempo de armazenamento nas diversas temperaturas.

A curva obtida referente aos dados dos ramos embalados em embalagem perfurada sem hidroresfriamento mostrou a elevação dos teores de amido na fase final da vida de prateleira, fato que pode ser explicado apenas pela perda de água do produto e consequente concentração do amido.

i. Teor de óleo essencial

Não houve variação do teor médio de óleo essencial (0,69%) de hortelã-pimenta em função do tempo de armazenamento (Tabela 32).

Tabela 32 - Equações ajustadas do teor de óleo essencial (%) de hortelã-pimenta (*Mentha piperita* L.) armazenada em ambiente refrigerado, submetida a hidroresfriamento e embalagens, em função do tempo, sendo: SE, sem embalagem; HR, hidroresfriamento; EP, embalagem perfurada e E, embalagem não perfurada. Viçosa – MG, 2014

TRATAMENTOS	ÓLEO ESSENCIAL (%)
EP	$\hat{Y} = 0,659$
EP + HR	$\hat{Y} = 0,645$
E	$\hat{Y} = 0,733$
E + HR	$\hat{Y} = 0,632$
SE	$\hat{Y} = 0,821$
SE + HR	$\hat{Y} = 0,675$

j. Composição química do óleo essencial

O cromatograma do óleo essencial extraído das folhas de menta podem ser visualizados com (Figura 16) e sem (Figura 17) a presença dos solventes.

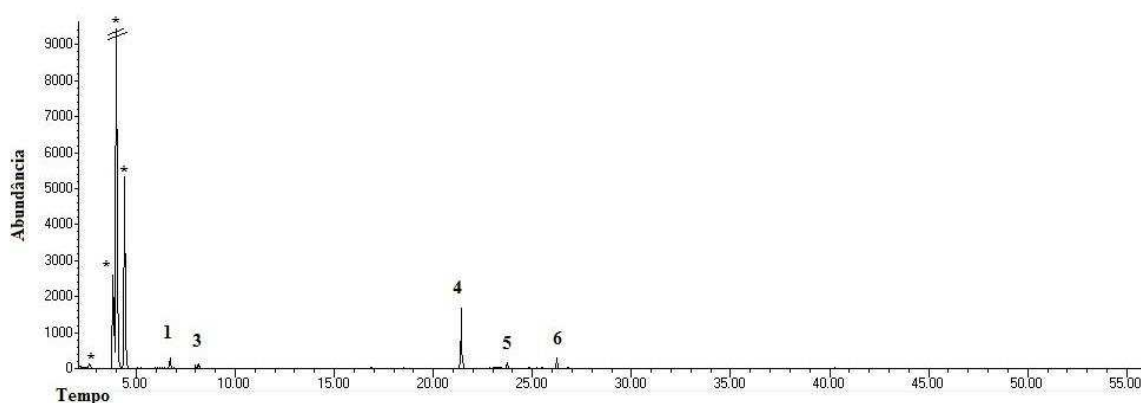


Figura 16 - Cromatograma de íons totais obtidos através da análise de cromatografia gasosa acoplada a espectrometria de massas (CG-EM) do óleo essencial de menta extraído de folhas embaladas em embalagens sem perfuração e sem hidrossefriamento, acondicionadas em ambiente refrigerado. O número, em negrito, sobre cada pico refere-se aos compostos detectados de acordo com a tabela 33. Os solventes detectados foram identificados com (*).

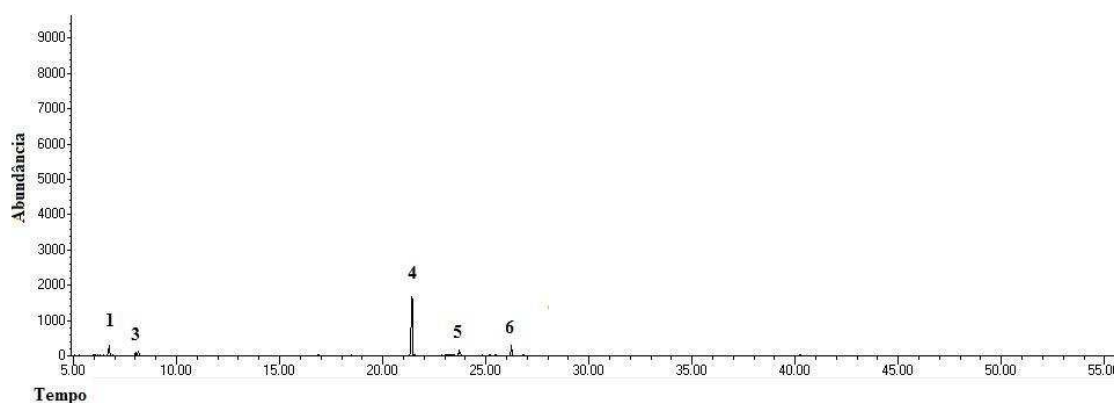


Figura 17 - Cromatograma de íons totais obtidos através da análise de cromatografia gasosa acoplada a espectrometria de massas (CG-EM) do óleo essencial de menta extraído de folhas embaladas em embalagens sem perfuração e sem hidrossefriamento, acondicionadas em ambiente refrigerado. O número, em negrito, sobre cada pico refere-se aos compostos detectados de acordo com a tabela 33.

Semelhante ao Experimento I, na análise da composição química do óleo essencial de *M. piperita* armazenada em ambiente refrigerado foram identificados seis compostos, quatro monoterpenos e dois sesquiterpenos (Tabela 33).

Tabela 33 - Compostos identificados por cromatografia gasosa acoplado a espectrômetro de massas (CG-EM) do óleo essencial de menta nos tratamentos, sendo: SE, sem embalagem; HR, hidroresfriamento; EP, embalagem perfurada e E, embalagem não perfurada. Viçosa – MG, 2014.

Nº	Composto	% Área do cromatograma de íons totais (TIC)						
		T=0	Ambiente Refrigerado					
			SE	HR	EP	E	EP + HR	E + HR
1	β-mirceno	12.7± 2.7	11.3±0.5	12.6±0.1	12.2±1.3	9.5±4.11	15.6±1.8	12.8±2.2
2	D-limoneno	Nd	3.7±0.0	4.6±0.3	3.5±0.0	nd	nd	nd
3	1,8-cineol	Nd	4.4±2.1	3.4±0.2	3.0±0.0	1.2±0.0	3.3±0.0	nd
4	mentalactona	74.9± 0.2	73.0±7.6	67.0±3.4	78.5±11.7	62.4±22.8	73.3±0.0	77.7±2.9
5	cariofileno	5.6± 0.0	4.0±0.0	5.2±0.0	4.4±0.0	3.4±0.0	nd	nd
6	germacreno D	9.6±1.5	7.2±0.5	9.4±0.0	7.5±0.0	7.7±1.6	9.3±0.5	9.4±0.7

Nd: compostos não detectados. Valores médios da área relativa dos cromatogramas de íons totais de duas repetições seguidos dos seus respectivos desvios padrões. Identificação dos compostos foi realizada em comparação dos espectros com os das bibliotecas NIS 2.0¹ e Adams, 2007.

Foi observada a redução dos teores de cariofileno após o tratamento dos ramos e completa ausência deste constituinte em tratamentos mais longivos, nos quais os ramos foram hidroresfriados e embalados. Tal redução ou ausência dos teores de cariofileno pode ser atribuída à degradação ou transformação do composto em função do tempo de armazenamento.

O teor de β-mirceno não foi alterado em nenhum tratamento.

D-Limoleno, ausente no tempo zero, foi encontrado em tratamentos menos longivos.

O 1,8-cineol, ausente no tempo zero, foi detectado em todos os tratamentos, exceto no tratamento mais longivo.

¹ Nist mass spectral search program versão 2.0, 2009.

V. CONCLUSÕES GERAIS

O armazenamento refrigerado aumenta em até 64 vezes (>15 dias) a vida de prateleira de hortelã-pimenta.

O hidrolesfriamento aumenta o teor relativo de água das folhas e, quando utilizado, prolonga a vida de prateleira dos ramos de hortelã-pimenta.

A embalagem plástica foi efetiva no aumento da vida de prateleira de hortelã-pimenta sendo eficiente na manutenção dos teores relativos de água das folhas.

A embalagem não perfurada foi mais eficiente na redução da taxa de perda de massa de folhas frescas acumulada em ambas as temperaturas de armazenamento. E associada ao hidrolesfriamento, proporcionou a menor taxa de perda de massa acumulada das folhas frescas.

Os teores de óleo essencial, açúcares solúveis totais, redutores, não redutores e amido aumentaram ou diminuíram em função do tratamento, do tempo e do teor relativo de água das folhas.

A composição do óleo essencial foi influenciada pelo tratamento pós-colheita e pelo tempo de prateleira de plantas de hortelã-pimenta fresca.

VI. BIBLIOGRAFIA

ADAMS, R.P. **Identification of Essential Oil Components by Gas Chromatography/Quadrupole**. 4^o ed.; Allured Publish Corporation: Carol Stream, IL, USA, 2007. 803pg.

ÁLVARES, V.S. **Pré-resfriamento, embalagem e hidratação pós-colheita de salsinha**. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia). Universidade Federal de Viçosa – Viçosa- MG, 2006, 149f.

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

ÁLVARES, V.S.; RAMOS, P.A.S.; MAPELI, A.M.; FINGER, F.L. Pré-resfriamento e embalagem na conservação de folhas de salsa. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 13, n. 2, p. 107-111, 2010.

ALVES, J.G.B.; DE BRITO, R.D.C.C.; CAVALCANTI, T. S. Effectiveness of *Mentha piperita* in the Treatment Infantile Colic: A Crossover Study. **Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine**, v. 2012, 2012.

BARBOSA, C.K.R.; FINGER, F.L.; CASALI, V.W.D. Handling and postharvest shelf life of *ora-pro-nobis* leaves. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 37, n. 3, 2015.

BASSOLÉ, I.H.N.; LAMIEN-MEDA, A.; BAYALA, B.; TIROGO, S.; FRANZ, C.; NOVAK, J.; NEBIÉ, R.C.; DICKO, M.H. Composition and antimicrobial activities of *Lippia multiflora* Moldenke, *Mentha x piperita* L. and *Ocimum basilicum* L. essential oils and their major monoterpene alcohols alone and in combination. **Molecules**, v. 17, n. 4, p. 3989-4006, 2012.

BEN-YEHOSHUA, S. Transpiration, water stress and gas Exchange. In: WEICHMANN, J. **Postharvest physiology of vegetables**. New York: Marcel Dekker, 1987. p.113-170.

BERTOLI, A.; LEONARDI, M.; KRZYZANOWSKA, J.; OLESZEK, W.; PISTELLI, L. In vitro production of *M. x piperita* not containing pulegone and menthofuran. **Acta Biochimica Polonica**, v. 59, n. 3, p. 417, 2012.

BOTSARIS, A.S. **Fitoterapia chinesa e plantas brasileiras**. SP, Ícone Ed., 2002. 550p.

BRASIL. **Renisus**. Ministério da Saúde. 2009. Disponível em: [http://portalsaude.saude.gov.br /images/pdf/2014/maio/07/renisus.pdf](http://portalsaude.saude.gov.br/images/pdf/2014/maio/07/renisus.pdf). Acesso em 16 de outubro de 2015.

BRASIL. **Farmacopeia Brasileira**, volume 2 / Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Brasília: Anvisa, 2010. 904p.

CABRAL-MALHEIROS, G.; HECKTHEUER, L.H.R.; CANTO, M.W.; BALSAMO, G.M. O tempo e o tipo de embalagem sobre a erva-mate tipo chimarrão durante armazenagem em condições ambientais. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.40, n.3, p.654-660, mar 2010.

CASALI, V.W.D.; ANDRADE, F.M.C. ; BARBOSA, C. K. R. ; FONSECA, M. C. M. ; MODESTO, V.A. **Plantas medicinais e aromáticas: resultados experimentais e partilha de conhecimentos publicados: volume 1**. 1. ed. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2015. 252p.

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

CLARK, R.J.; MENARY, R. C. Variations in composition of peppermint oil in relation to production areas. **Economic Botany**, v. 35, n. 1, p. 59-69, 1981.

COURT, W.A.; ROY,R.C.; POCS, R. Effect of harvest date on the yield and quality of the essential oil of peppermint. **Canadian Journal of Plant Science**. v.73, p.815-824. 1993.

DESCHAMPS, C.; ZANATTA, J. L.; BIZZO, H. R., OLIVEIRA, M. C.;ROSWALKA, L. C. Avaliação sazonal do rendimento de óleo essencial em espécies de menta. **Ciênc. agrotec.**, Lavras , v. 32, n. 3, p. 725-730.2008.

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

GAST, K.L.B.; FLORES, R. **Postharvest management of commercial horticultural crops: Precooling produce – fruits and vegetables**. Cooperative Extension Service,

Manhattan, Kansas. 1991.

GILLIES, S.L.; TOIVONEN, P.M.A. Cooling method influences the postharvest quality of broccoli. **Hortscience**, v. 30, n. 2; p. 313–315, 1995.

GORINI, F. Market preparation methods and shelf life. In: WEICHMANN, J. **Postharvest physiology of vegetables**. New York: Marcel Dekker, 1987. 597 p.

GRANDI, T.S.M. **Tratado das Plantas Medicinais: mineiras, nativas e cultivadas**. Belo Horizonte: Adequatio Estúdio. 2014. 1204p.

KADER, A.A. Respiration and gas Exchange of vegetables. In: WEICHMANN, J. **Postharvest physiology of vegetables**. New York: Marcel Dekker, 1987. p.25-43.

KUMAR, S.; WAHAB, N.; WARIKOO, R. Bioefficacy of Mentha piperita essential oil against dengue fever mosquito Aedes aegypti L. **Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine**, v. 1, n. 2, p. 85-88, 2011.

LANGE, B.M.; MAHMOUD, S.S.; WILDUNG, M.R.; TURNER, G.W.; DAVIS, E.M.; LANGE, I.; BAKER, R.C.; BOYDSTON, R.A.; CROTEAU, R.B. Melhorar a produtividade de óleo essencial de hortelã-pimenta e composição por engenharia metabólica. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 108, n. 41, p. 16944-16949, 2011.

LOUGHEED, E.C.; ARGUE, L.W. Air movement effects in storage. In: WEICHMANN, J. **Postharvest physiology of vegetables**. New York: Marcel Dekker, 1987. p.285-302.

MARTENS, M.; BAARDSETH, P. Sensory quality. In: WEICHMANN, J. (Ed.). **Postharvest physiology of vegetables**. New York: Marcel Dekker, p.427-454, 1987.

MARTINS, E.R.; CASTRO, D.M.; CASTELLANI, D.C.; DIAS, J.E. Plantas medicinais. Viçosa, MG: UFV, 1994. 220p.

MCCREADY, R.M., GUGGOLZ, J., SILVIERA, V., OWENS, H.S. Determination of starch and amylose in vegetables. **Anal. Chem.** 22:1156. 1950.

MOLINE, H.E. Frost damage and freezing injury. In: WEICHMANN, J. **Postharvest physiology of vegetables**. New York: Marcel Dekker, 1987. p.327-337.

MONTEIRO, R. **Desenvolvimento de menta e produção de óleo essencial sob diferentes condições de manejo**. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal): Universidade Federal do Paraná – Curitiba - PR, 2009, 81p.

MORAIS, L.A.S. Influência dos fatores abióticos na composição química dos óleos essenciais. **Horticultura Brasileira**, v. 27, n. 2 (Suplemento - CD Rom), agosto 2009.

NELSON, N. A photometric adaptation of Somogyi method of determination of glucose. **Journal of Biological Chemistry**, v.153, p.375-380,1944.

OLIVEIRA, A.R.M.F. **Produção de óleo essencial de Mentha piperita var. citrata sob diferentes condições de manejo**. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal): Universidade Estadual de Santa Cruz – Ilhéus - BA, 2011, 83p.

OLIVEIRA, L.S. **Efeito do hidroresfriamento, da temperatura e da reidratação na conservação pós-colheita de coentro**. Dissertação (Mestrado em Fisiologia Vegetal): Universidade Federal de Viçosa – Viçosa, MG, 2012, 52p.

PAULL, R. E. Effect of temperature and relative humidity on fresh commodity quality. **Postharvest Biology and Technology**, v.15, p.263–277, 1999.

PHAN, CHON-TÔN. Temperature: Effects on metabolism. In: WEICHMANN, J. **Postharvest physiology of vegetables**. New York: Marcel Dekker, 1987. p.173-180.

RIACHI, L.G. **Estudo das bebidas consumidas no brasil. estudo da fração volátil do chá da hortelã pimenta (Mentha piperita) e análise revisada do risco de contaminação da cachaça por carbamato de etila e hidrocarbonetos policíclicos aromáticos**. Dissertação (Mestrado em Alimentos e Nutrição): Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro – Rio de Janeiro - RJ, 2014, 70p.

SAHARKHIZ, M.J.;MOTAMEDI, M.;ZOMORODIAN, K.;PAKSHIR, K.;MIRI, R.;HEMYARI, K. Chemical composition, antifungal and antibiofilm activities of the essential oil of Mentha piperita L. **ISRN pharmaceutics**, v. 2012, 2012.

SILVA, F.; CASALI, V.W.D. **Plantas medicinais e aromáticas: pós-colheita e óleos essenciais**. Viçosa, MG. 2000. 135p.

SIMÕES, A.N.; PUIATTI, M.; SALOMÃO, L.C.C.; MOSQUIM, P.R.; PUSCHMANN, R. Effect in the quality of intact and minimally processed leaves of

collard greens stored at different temperatures. **Horticultura Brasileira**, v.28, n.1, p.81-86, 2010.

SHIBAIRO, S.I; UPADHYAYA, M.K.; TOIVONEN, P.M.A. Replacement of postharvest moisture loss by recharging and its effect on subsequent moisture loss during short-term storage of carrots. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v. 123, n. 1, p. 141-145, 1998.

SOUZA, W.P.; QUEIROGA, C.L.; SARTORATTO, A.; HONÓRIO, S.L. Avaliação do teor e da composição química do óleo essencial de *Mentha piperita* (L.) Huds durante o período diurno em cultivo hidropônico. **Revista Brasileira de Plantas Medicinais**, v.8, n. 4, p. 108-111, 2006.

SOKOVIĆ, M.D.; VUKOJEVIĆ, J.; MARIN, P.D.; BRKIĆ, D.D.; VAJS, V.; Van GRIENSVEN, L. J. Chemical composition of essential oils of *Thymus* and *Mentha* species and their antifungal activities. **Molecules**, v. 14, n. 1, p. 238-249, 2009.

TAYARANI-NAJARAN, Z.; TALASAZ-FIROOZI, E.; NASIRI, R.; JALALI, N.; HASSANZADEH, M. K. (2013). Antiemetic activity of volatile oil from *Mentha spicata* and *Mentha piperita* in chemotherapy-induced nausea and vomiting. **Ecancer medical science**, v. 7, 2013.

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.

WEATHERLEY, P.E. Studies in the water relation of cotton plant. In: The field measurement of water deficits in leaves. **New Phytologist**, v.49, n.1, p.81-97, 1950

WATERMAN, P.G. The chemistry of volatile oils. In: HAY, R.K.M., WATERMAN, P.G. **Volatile oil in crops: their biology, biochemistry and production**. Avon: Logngman Group, 1993. P. 47-62.

WILLS, R.; McGLASSON, B.; GRAHAM, D.; JOYCE, D. **Postharvest: an introduction to the physiology & handling of fruit, vegetables & ornamentals**. 4. ed. Wallingford: New South Wales University Press, 5th ed., 227p. 2007.