

INSTITUTO FEDERAL DE SANTA CATARINA
CÂMPUS SÃO MIGUEL DO OESTE
AGRONOMIA

Gabriela Berwig
Vanessa Soares Tavares

**AÇÃO DO HIDRORESFRIAMENTO E DA ATMOSFERA
MODIFICADA NA CONSERVAÇÃO E QUALIDADE PÓS-COLHEITA
DA SALSA (*Petroselinum sativum*)**

São Miguel do Oeste – SC

2025

Gabriela Berwig
Vanessa Soares Tavares

**AÇÃO DO HIDRORESFRIAMENTO E DA ATMOSFERA
MODIFICADA NA CONSERVAÇÃO E QUALIDADE PÓS-COLHEITA
DA SALSA (*Petroselinum sativum*)**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Bacharelado em Agronomia do Câmpus São Miguel do Oeste do Instituto Federal de Santa Catarina como requisito parcial à obtenção do título de **Engenheiras Agrônomas**.

Orientadora
Aquidauana Miqueloto Zanardi

São Miguel do Oeste

Gabriela Berwig
Vanessa Soares Tavares

**AÇÃO DO HIDRORESFRIAMENTO E DA ATMOSFERA
MODIFICADA NA CONSERVAÇÃO E QUALIDADE PÓS-COLHEITA
DA SALSA (*Petroselinum sativum*)**

Este trabalho foi aprovado pela Banca examinadora composta por Aquidauana Miqueloto Zanardi, Dolores Wolschick, Patrícia Fernanda Schons na data (02/12/2025), cujas notas e assinaturas constam em Ata de Defesa. Por fim, as considerações propostas pela Banca foram incorporadas no trabalho, estando esse apto para arquivamento.



Aquidauana Miqueloto Zanardi
Instituto Federal Santa Catarina
Campus São Miguel Do Oeste

RESUMO

A salsa (*Petroselinum sativum*), hortaliça de ampla utilização culinária no Brasil, apresenta elevada perecibilidade devido à sua alta taxa respiratória e transpiratória, que contribuem significativamente para sua rápida deterioração após a colheita. Tradicionalmente comercializada em maços sob temperatura ambiente, a salsa é propensa ao amarelecimento, perda de turgidez e redução de sua vida útil. O objetivo deste trabalho foi avaliar a eficácia do hidrosfriamento e atmosfera refrigerada na conservação da qualidade física e química da salsa armazenada sob diferentes temperaturas. O experimento foi conduzido no Instituto Federal de Santa Catarina – Câmpus São Miguel do Oeste, com ramos e folhas de salsa submetidos a hidrosfriamento por 0, 3, 6, 9 e 12 minutos em água gelada (4 °C). Após esse pré-resfriamento, os maços foram armazenados em embalagens de Polietileno Tereftalato (PET) simulando a atmosfera modificada (AM), sob temperaturas de 5 °C e 25 °C, por 2, 4 e 6 dias. Avaliaram-se parâmetros como perda de massa, acidez titulável, sólidos solúveis, ratio (SS/AT), peroxidação lipídica, coloração da epiderme e vida de prateleira após 2, 4 e 6 dias de armazenamento. Os resultados demonstraram que o hidrosfriamento, especialmente por 9 e 12 minutos, reduziu significativamente a perda de massa e a peroxidação lipídica nos primeiros dias de armazenamento a 5 °C. A refrigeração também preservou a coloração verde, o frescor visual e os níveis de sólidos solúveis, prolongando a vida útil da salsa para até seis dias com qualidade comercial aceitável. Já o armazenamento a 25 °C comprometeu severamente a qualidade do produto em até quatro dias de armazenamento, com aumento da acidez, perda acelerada de água, aumento da peroxidação lipídica e degradação da clorofila. Conclui-se que a combinação entre hidrosfriamento e armazenamento refrigerado é uma estratégia eficaz e viável, especialmente para pequenos produtores, garantindo melhor conservação da salsa durante o período pós-colheita. Em ambientes onde o resfriamento não é possível, o uso de atmosfera modificada apresenta-se como alternativa complementar. Este estudo reforça a importância da adoção de práticas pós-colheita simples e acessíveis para a redução de perdas e garantia da qualidade das hortaliças folhosas.

Palavras-chave: armazenamento refrigerado, hortaliças, tecnologias de conservação, qualidade pós-colheita.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	5
2. OBJETIVOS.....	7
2.1 Objetivo Geral.....	8
2.2 Objetivos específicos.....	8
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	8
3.1 Aspectos gerais da cultura.....	9
3.2 Conservação pós-colheita.....	9
3.3 Hidroresfriamento.....	10
3.4 Armazenamento em atmosfera refrigerada e modificada.....	12
4. MATERIAIS E MÉTODOS.....	14
4.1 Produção de mudas.....	15
4.3 Delineamento e análises dos dados.....	17
4.4 Análises.....	17
4.4.1 <i>Perda de Massa.....</i>	<i>17</i>
4.4.2 <i>Sólidos Solúveis.....</i>	<i>17</i>
4.4.3 <i>Acidez Titulável e Ratio.....</i>	<i>18</i>
4.4.4 <i>Peroxidação Lipídica.....</i>	<i>18</i>
4.4.5 <i>Vida de Prateleira.....</i>	<i>19</i>
4.4.6 <i>Avaliação da coloração da epiderme.....</i>	<i>19</i>
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	21
5.1 Perda de Massa.....	22
5.2 Sólidos Solúveis.....	24
5.3 Acidez Titulável e Relação SS/AT (Ratio).....	25
5.4 Peroxidação Lipídica.....	30
5.4 Análise visual.....	33

5.5 Avaliação da coloração da epiderme.....	34
6. CONCLUSÕES.....	39
7. REFERÊNCIAS.....	40

1. INTRODUÇÃO

O mercado brasileiro de hortaliças caracteriza-se pela ampla diversidade de oleráceas produzidas e comercializadas em diferentes regiões do país, com destaque para o Sudeste, responsável por 49% da produção nacional, seguido pelo Nordeste (28%) e Sul (13%) (Conab, 2023).

Dentre as hortaliças folhosas, a salsa (*Petroselinum sativum*) se destaca pelo elevado consumo, embora sua produção seja pouco expressiva em volume. Sua produção está predominantemente concentrada na agricultura familiar, que abastece principalmente circuitos curtos de comercialização, fornecendo o produto tanto na forma fresca quanto processada (Embrapa, 2023; Rodrigues *et al.*, 2008). No entanto, a mensuração precisa de sua produção é desafiadora devido à fragmentação do cultivo e às colheitas escalonadas, fatores que dificultam a obtenção de dados confiáveis sobre seu volume comercial (Alvares, 2006).

No Brasil, a salsa é tradicionalmente comercializada em maços mantidos em temperatura ambiente, uma prática que contribui significativamente para sua rápida deterioração (Alvares, 2006). Quando não são aplicadas técnicas adequadas de pós-colheita, o produto apresenta acelerado amarelecimento e murchamento das folhas, além de alterações sensoriais que reduzem drasticamente sua vida útil (Alvares, 2006).

Esse processo de deterioração está intrinsecamente relacionado às características fisiológicas da planta, que possui elevado teor de água, alta relação superfície/volume e intensa atividade metabólica, manifestada por altas taxas respiratória e transpiratória (Park *et al.* 1999). Perdas mínimas de 5-7% na massa fresca já são suficientes para inviabilizar a comercialização, evidenciando a necessidade de adoção de tecnologias de conservação pós-colheita (Alvares, 2006).

Entre as estratégias mais eficazes para minimizar esses efeitos destacam-se duas tecnologias complementares. O uso de embalagens com atmosfera modificada representa uma solução eficiente, empregando filmes poliméricos que regulam a composição gasosa no interior da embalagem. Estas embalagens atuam como barreira física contra a perda de umidade e reduzem significativamente as taxas metabólicas do produto (Finger e Vieira, 1997; Chitarra e Chitarra, 2005).

Outra técnica promissora é o hidroresfriamento, que consiste no resfriamento rápido dos produtos recém-colhidos através de água gelada. Este método apresenta alta eficiência térmica devido à excelente condutividade da água e ao contato uniforme com a superfície das hortaliças (Wills *et al.*, 2004; Tsang e Furutani, 2006). A combinação dessas duas tecnologias - atmosfera refrigerada e hidroresfriamento - mostra-se particularmente eficaz na manutenção da qualidade pós-colheita da salsa, prolongando sua vida útil e preservando suas características sensoriais e nutricionais. A adoção integrada dessas técnicas pode representar uma solução viável para os desafios da cadeia produtiva da salsa, beneficiando desde pequenos produtores até o consumidor final, ao garantir maior qualidade e durabilidade do produto.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Avaliar o efeito combinado do hidrosfriamento e da atmosfera modificada (AM) na manutenção da qualidade pós-colheita da salsa, armazenada sob refrigeração (5 °C) e em condição ambiente simulada (25 °C)

2.2 Objetivos específicos

1. Determinar o tempo de hidrosfriamento a 4 °C (0, 3, 6, 9 e 12 minutos) mais eficaz, em combinação com a atmosfera modificada (AM), para a conservação da salsa, considerando os dois regimes de temperatura de armazenamento (5 °C e 25 °C).
2. Averiguar análises físico-químicas (perda de massa, acidez titulável, sólidos solúveis, relação SS/AT, peroxidação lipídica e coloração), das amostras submetidas aos diferentes tratamentos (tempos de hidrosfriamento + AM em embalagem PET), ao longo do armazenamento a 5 °C e 25 °C.
3. Quantificar a vida de prateleira mediante parâmetros sensoriais (instrumentais) e fisiológicos sob diferentes tratamentos.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Aspectos gerais da cultura

A salsa, originária da região mediterrânea, possui uma rica história de cultivo que remonta a mais de 2.000 anos. Inicialmente utilizada como planta ornamental pelos romanos, foi introduzida no Brasil em 1540 pelos colonizadores portugueses (Madeira *et al.*, 2008).

Esta erva aromática pertence à família Apiaceae e apresenta características morfológicas distintas: raiz pivotante ramificada de coloração esbranquiçada ou amarelada, que pode atingir até um metro de altura, folhas segmentadas de coloração verde-escura e brilhante, além de flores creme dispostas em umbelas compostas (Grandi, 2014). Seus frutos, quando maduros, dividem-se em duas partes arqueadas com aproximadamente 2 mm de comprimento (Carvalho, 2011).

Do ponto de vista agrônômico, a salsa apresenta adaptabilidade a diferentes condições climáticas. Embora preferencialmente semeada no outono/inverno, pode ser cultivada durante todo o ano em regiões de altitude elevada (Filgueira, 2008). A planta desenvolve-se melhor em solos com boa drenagem, textura média, pH entre 6,0 e 6,5 e elevado teor de matéria orgânica, exigindo temperaturas entre 10 °C e 30 °C para seu desenvolvimento ideal (Carvalho, 2011). O ciclo cultural varia entre 50 e 90 dias, quando as plantas atingem de 15 a 20 cm de altura, podendo ser cultivada tanto em monocultura quanto em sistemas consorciados com outras culturas de ciclo curto.

Uma característica marcante da salsa é sua capacidade de rebrotamento após a colheita, o que permite a exploração econômica da mesma planta por dois a três anos, especialmente em condições climáticas amenas (10 °C a 24 °C). No entanto, temperaturas muito baixas associadas a dias curtos podem induzir o florescimento precoce, comprometendo a produção foliar (Carvalho, 2011). As folhas e ramos da salsa destacam-se por seu aroma fresco com notas cítricas e sabor levemente ácido, características que a tornam um ingrediente essencial na culinária mundial.

3.2 Conservação pós-colheita

As técnicas de conservação pós-colheita têm como principal objetivo reduzir a atividade metabólica dos produtos hortícolas, com ênfase no controle da taxa respiratória, a fim de prolongar sua vida útil. Segundo Alvares (2006), a temperatura é, isoladamente, "o fator mais importante" na manutenção da qualidade desses produtos, pois atua não apenas

sobre a velocidade de deterioração, mas também influencia todos os demais fatores envolvidos no processo de conservação.

Devido à sua alta perecibilidade, as hortaliças folhosas suportam apenas poucas horas de armazenamento, especialmente em condições de verão (Alvares, 2006). No entanto, muitas perdas pós-colheita podem ser minimizadas com o uso de embalagens adequadas e a manutenção da cadeia do frio. O tratamento pós-colheita desempenha um papel crucial na preservação da qualidade e na extensão do período de comercialização (Alvares, 2006).

As características de qualidade incluem a aparência, uniformidade da cor das folhas, características relacionadas ao aroma e sabor, e a ausência de defeitos, tais como sintomas de deterioração e amarelecimento.

A refrigeração é a técnica mais recomendada e econômica no armazenamento prolongado dos produtos. No sistema de refrigeração, três fatores devem ser controlados, a temperatura, a circulação de ar e a umidade relativa para prolongar a conservação e retardar a senescência foliar da salsa (Alvares 2006; Finger e Vieira, 1997).

As hortaliças apresentam elevadas taxas de transpiração, tornando-as especialmente suscetíveis à desidratação acelerada após a colheita (Finger e Vieira, 1997). A perda de água nas folhas e ramos influencia diretamente o avanço da senescência (Lipton, 1987), um processo crítico, uma vez que a água corresponde a 85 a 95% do peso total desses vegetais. Para minimizar a perda hídrica, a umidade relativa do ambiente de armazenamento deve ser mantida próxima a 100%.

O murchamento e o enrugamento de frutos em hortaliças são os sintomas iniciais da excessiva perda de água (Finger e Vieira, 1997), que afeta diretamente a aparência e a massa fresca do produto comercializado. As hortaliças folhosas não armazenam quantidade expressiva de carboidratos e a falta de reserva energética reduz o potencial de armazenamento.

A taxa de transpiração pós-colheita é influenciada por fatores intrínsecos às hortaliças, como sua morfologia, estrutura anatômica, danos superficiais e estágio de maturação, bem como por condições ambientais, incluindo temperatura, circulação de ar e pressão atmosférica (Alvares, 2006). Além disso, as folhosas são particularmente vulneráveis à desidratação devido à sua elevada superfície específica (relação área/volume), que intensifica a perda de água (Alvares, 2006).

3.3 Hidroresfriamento

Após a colheita, parte dos produtos hortícolas frescos são expostos por um período à temperatura ambiente. Durante esse período, eles são classificados e embalados e, portanto, estão sujeitos a condições estressantes que normalmente ocorrem durante o transporte e a venda (Alvares, 2006).

Segundo Silva, Finger e Côrrea (2008), a respiração é responsável pela decomposição oxidativa de constituintes orgânicos e perda das reservas alimentares (amido, ácidos orgânicos e açúcares), o que resulta na senescência e perda de sabor em frutos, flores e folhosas. Assim, a respiração acelera o processo metabólico e altera o tempo de armazenamento e conservação de frutos e hortaliças e determina sua vida útil (Embrapa, 2007). Sendo que, após a colheita, o processo de respiração continua ocorrendo, porém não é mais suprido pela fotossíntese, o que acarreta, no consumo das reservas acumuladas (carboidratos, lipídios e proteínas), resultando em modificações na composição e características dos produtos, causando deterioração, acelerando a senescência, aumento da transpiração, perda de massa e redução do valor nutritivo (Chitarra e Chitarra, 2005).

O aumento da vida útil pode ser conseguido de várias formas, que vão desde a utilização de técnicas de resfriamento rápido, armazenamento refrigerado, armazenamento com atmosfera modificada e/ou controlada, processamento mínimo, uso de filmes comestíveis, congelamento e tratamentos térmicos (Jacobi *et al.*, 2000).

O hidroresfriamento é o pré-resfriamento em que o produto é aspergido com água fria ou imerso em água resfriada (Becker e Fricke, 2002). O uso do gelo na água é a alternativa que visa aumentar ainda mais as vantagens do resfriamento à água, aumentando substancialmente a capacidade frigorífica porque o gelo pode fornecer frio de forma prolongada.

Pode ser utilizada a mistura de água com gelo como processo rápido e fácil de pré-resfriamento de algumas hortaliças (Cortez *et al.*, 2002). O tempo de resfriamento varia proporcionalmente com o volume do produto, sendo as hortaliças resfriadas de 1,5 até 55 minutos (Teruel *et al.*, 2004). Portanto, existem possibilidades de tratamentos pós-colheita que propiciam ao consumidor folhosas de qualidade, com maior vida-de-prateleira do produto.

Portanto, como a manutenção da qualidade comercial é de vital importância, é necessário não somente resfriar o produto, mas também resfriá-lo o mais rapidamente possível após a colheita provocando a redução da atividade metabólica e manutenção da qualidade do

produto (Alvares, 2006). Estas tecnologias ajudam a reduzir a rápida diminuição da temperatura, reduzindo a carga térmica significativa do produto após a colheita e as operações de beneficiamento, e atrasando a respiração e a atividade metabólica (Valero e Serrano 2010).

Apesar da salsa ser muito utilizado na forma fresca, essa espécie é altamente perecível e tem rápida perda na qualidade. Por isso, alternativas de conservação pós-colheita que visam manter a qualidade (massa fresca, compostos antioxidantes, coloração etc.) e prolongar o período de conservação são importantes para garantir a oferta e a rentabilidade aos olericultores. Dentre as alternativas viáveis e de baixo custo, o uso da atmosfera modificada associado ao hidrosfriamento têm sido importantes para garantir a qualidade e a disponibilidade de olerícolas por maiores períodos nas unidades de comercialização.

Alvares *et al.* (2007) observaram que o hidrosfriamento da salsa por 15 minutos diminuiu a taxa de perda de água e prolongou a vida de prateleira de maços de folhas e ramos armazenados a 5 °C por até sete dias. Outras folhosas, como alface e cebolinha, também são beneficiadas de maneira semelhante à salsa pelo pré-resfriamento com água gelada (Gast e Flores, 1991).

Portanto para manter a qualidade de frutas e hortaliças e aumentar sua vida útil, as tecnologias de resfriamento rápido são consideradas um tratamento pós-colheita crucial (Cortez *et al.*, 2002; Mitchell, 2002; FAO, 2006).

3.4 Armazenamento em atmosfera refrigerada e modificada

As perdas de produtos de origem vegetal são ocasionadas na colheita, na preparação para o mercado, no transporte, bem como no armazenamento e nas vendas no atacado e varejo, afetando diretamente o consumidor final, que além de prezar pela qualidade dos produtos preza pela aparência do produto (Alvares, 2006).

Devido à rápida deterioração, produtos perecíveis como hortaliças herbáceas (folhosas, inflorescências e hastes) podem ser conservados poucos dias após serem retirados da planta. Por causa disso, eles precisam ser consumidos imediatamente ou utilizados métodos de conservação pós-colheita (Finger *et al.*, 1999).

De forma geral, temperaturas elevadas tendem a diminuir a vida útil das hortaliças por conta do aumento das reações bioquímicas, bem como o crescimento de infecções e infestações, acelerando o desenvolvimento e a reprodução de microrganismos e aumentando a taxa de transpiração. Além disso, há um aumento na respiração, que é o principal indicador do funcionamento metabólico das plantas. Portanto, o produto tende a murchar e se deteriorar

mais rapidamente quando armazenado sob altas temperaturas do que quando armazenado sob temperatura, umidade e refrigeração adequadas (Embrapa, 2007).

A refrigeração é recomendada porque retarda o processo de envelhecimento o, que resulta em mudanças de textura, mudanças metabólicas indesejáveis e produção de calor vital pela respiração, perda de umidade e murchamento, deterioração causada por bactérias e fungos e crescimento indesejável, como brotos e alongamentos de caules, entre outras coisas (Chitarra e Chitarra, 2005).

A uniformidade da temperatura na câmara de refrigeração é essencial para evitar amadurecimento desuniforme, deterioração ou doenças em locais inacessíveis, que podem prejudicar a qualidade do produto. Portanto, para controlar a taxa respiratória e a presença de patógenos, o controle de temperatura é fundamental. Além disso, é importante destacar que cada produto tem sua temperatura ideal de armazenamento, o que afeta a duração de armazenamento (Rosa *et. al.*, 2018).

Para a maioria dos produtos, a temperatura mínima de refrigeração recomendada depende do ponto de congelamento e da exatidão do sistema de controle de temperatura durante o armazenamento. Entretanto, as temperaturas recomendadas para o armazenamento de alguns produtos, principalmente os de origem tropical, são muito mais altas que o ponto de congelamento (Embrapa, 2007).

Para os produtos sensíveis ao frio, temperaturas maiores que zero e menores que as recomendadas podem aumentar a suscetibilidade a doenças, como no caso da batata-doce e do pepino, ou causar distúrbios fisiológicos, que podem envolver a formação de áreas deprimidas e de aspecto encharcado, escurecimento e necrose (Embrapa, 2007).

Segundo Chitarra e Chitarra (2005), temperaturas abaixo da sua variação ótima podem causar injúrias por frio (*chilling*) ou congelamento, sendo que a temperatura ótima de armazenamento para a maioria das hortaliças de zonas temperadas é próxima a 0° C, (Guimarães, 2015). Já temperaturas acima da sua temperatura ótima irão ocasionar redução na vida de armazenamento. As flutuações na temperatura de armazenamento acarretam a condensação de água sobre o produto, favorecendo o crescimento de fungos e o desenvolvimento de doenças (Chitarra e Chitarra, 2005). Conforme o mesmo autor a escolher a embalagem, o tipo de produto a ser armazenado e as condições de danos potenciais devem ser levados em consideração. Além de proteger os produtos hortícolas de danos, os materiais de embalagem também os protegem de temperatura, umidade e entrada de gases no meio ambiente, o que pode acelerar o processo de amadurecimento.

A embalagem dos produtos minimiza o manuseio excessivo até o ponto de venda. O uso de embalagens rígidas de polietileno tereftalato (PET) para acondicionar frutas e hortaliças prontas ou não vem sendo mais utilizados nos últimos anos. De 1990 a 1997, o uso de PET aumentou 50 vezes, tornando-se uma das principais embalagens plásticas utilizadas (Pacheco e Hemais, 1999).

O uso desta embalagem para hortaliças folhosas é possível pela praticidade oferecida ao consumidor, mas sua utilização ainda é pequena no comércio de frutas e verduras frescas. O emprego deste tipo de embalagem reduziu a perda de massa em rabanete minimamente processado e armazenado a 5 °C para em torno de 0,5% (Del-Aguila *et al.*, 2006 *apud* Alvares, 2006).

À vista disso, a utilização da atmosfera modificada associada a atmosfera refrigerada auxilia na conservação da qualidade e prolonga o tempo de prateleira no período pós-colheita de hortaliças folhosa.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no município de São Miguel do Oeste, localizado na região do Extremo Oeste de Santa Catarina, a uma altitude de 648 metros (Latitude: 26° 43' 33" Sul, Longitude: 53° 31' 5" Oeste). A cidade se caracteriza por uma precipitação significativa ao longo de todo o ano, mesmo durante os meses mais secos. Segundo a classificação climática de Köppen e Geiger, o clima predominante na região é o Cfa (subtropical úmido) (Climate, 2022).

A temperatura média anual em São Miguel do Oeste é de 19,7 °C. Janeiro é o mês mais quente, com uma média de 23,8 °C, enquanto julho apresenta as temperaturas mais baixas, com uma média de aproximadamente 14,6 °C (Climate, 2022).

A precipitação anual na região é de cerca de 1873 mm. Em termos de umidade relativa, junho é o mês com o nível mais elevado, alcançando 79,77%, enquanto setembro apresenta o valor mais baixo, com 71,19%. Vale destacar que janeiro tem o maior número de dias chuvosos, totalizando 18,43 dias, enquanto agosto é o mês com menos precipitação, com apenas 7,83 dias de chuva (Climate, 2022).

Em média, a localidade registra o maior número de horas de sol diárias em dezembro. A duração média da luz solar por dia neste mês é de aproximadamente 9,87 horas por dia, somando um total de 306,1 horas.

4.1 Produção de mudas

As mudas de salsa foram produzidas na casa de vegetação do Instituto Federal de Santa Catarina Câmpus São Miguel do Oeste. Para isto, as sementes da salsa variedade lisa Stella foram semeadas em 6 bandejas de isopor cada uma constituída de 128 células.

O substrato utilizado foi o Maxfértil substrato para planta misto composto por casca de pinus, fosfato natural, casca de arroz carbonizada, vermiculita e adubo químico [nitrogênio-(N), fósforo (P) e potássio (K)]. Após a semeadura (2 sementes por célula), as bandejas foram acondicionadas em bancadas no telado e irrigadas por meio de aspersão três vezes ao dia.

Quando as plântulas apresentaram três folhas expandidas foram transferidas para canteiros. O espaçamento utilizado entre plantas foi 10 a 20 cm e profundidade de 1,5 centímetro.

O manejo da irrigação foi conduzido via sistema de microaspersão, com mangueiras Santeno®, ligadas duas vezes ao dia (início da manhã e ao final da tarde). O controle de

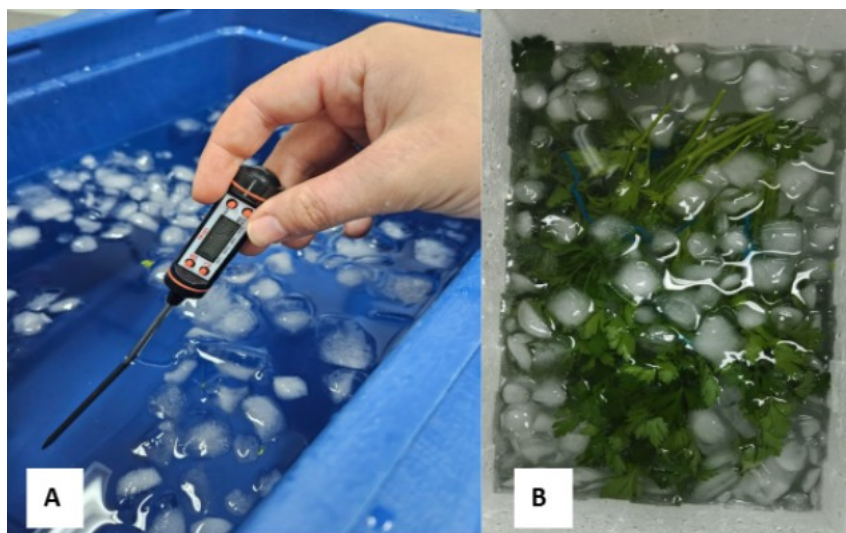
plantas daninhas foi realizado de forma manual (arranquio), sem a empregabilidade de agrotóxicos.

Após 90 dias do transplântio, ramos e folhas foram colhidos pela parte da manhã (5 horas) e submetidos ao hidrosfriamento, cabe ressaltar que a imersão em água gelada ocorreu logo após a colheita. Para isto maços de 25 gramas foram imersos em água com gelo na temperatura de 4 °C por 0 (controle), 3, 6, 9, e 12 minutos.

Em seguida, foram deixados para secar a temperatura ambiente na bancada por aproximadamente 30 minutos, e todos os tratamentos foram acondicionadas em embalagens de Polietileno Tereftalato (PET) retangular com tampa, simulando a atmosfera modificada e armazenadas as temperaturas de 5 e 25 °C por 2, 4 e 6 dias.

As análises físico-químicas foram realizadas aos 0, 2, 4 e 6 dias de armazenamento. Um pré-teste foi realizado para determinar os tempos ideais de hidrosfriamento que proporcionassem melhor conservação e qualidade pós-colheita. Para isso, maços de salsa foram imersos em água gelada a 4 °C imediatamente após a colheita, utilizando tempos de 0, 2, 4, 6, 8 e 10 minutos, sendo fundamental garantir o contato uniforme entre a água e toda a superfície do produto para a eficácia do processo.

Figura 1 - Hidrosfriamento a 4 °C (A) e a salsa submersa (B)



Fonte: Acervo próprio (2024).

Durante essa fase preliminar, constatou-se que os tempos mais curtos, abaixo de 3 minutos, não proporcionavam resfriamento suficiente para estabilização térmica adequada, enquanto os tempos mais longos, acima de 10 minutos, começavam a causar encharcamento

dos tecidos e riscos de danos por frio. Diante dessas observações, os intervalos foram ajustados para 0, 3, 6, 9 e 12 minutos, abrangendo assim a faixa crítica onde se obtém máxima eficiência de conservação dentro dos limites operacionais seguros, conforme comprovado pelos estudos de Teruel *et al.* (2004) e Alvares *et al.* (2007).

4.3 Delineamento e análises dos dados

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualidade em esquema fatorial 5 x 2 (tempos de hidrosfriamento x temperatura (5 °C/25 °C) com 4 repetições por tratamento e 4 avaliações temporais (0, 2, 4, 6 dias). Os dados obtidos foram submetidos ao teste de Bartlett (Bartlett, 1937) e ao teste de Shapiro-Wilk (Shapiro; Wilk, 1965) para verificar a homogeneidade das variâncias e a normalidade dos resíduos. Os dados atenderam as as pressuposições do modelo normal e foram submetidos a análise de variância ANOVA e as médias comparadas pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

4.4 Análises

Os maços de salsa foram avaliados quanto a perda de massa, acidez titulável (AT), sólidos solúveis (SS), ratio (SS/AT), peroxidação lipídica, e a vida de prateleira e coloração da epiderme cada dois dias de armazenamento a temperatura de 5 °C e 25 °C

4.4.1 Perda de Massa

A perda de massa dos ramos e folhas de salsa foi avaliada aos 0, 2, 4 e 6 dias após o armazenamento, utilizando uma balança analítica para pesar a diferença de massa entre a entrada e a saída da câmara fria e da BOD. A perda de massa foi obtida pela fórmula:

$$P = \frac{M_i - M_f}{M_i} \times 100$$

Onde a massa inicial refere-se à primeira pesagem (massa fresca), e a massa final é o peso registrado em cada dia de avaliação (0, 2, 4, e 6 dias). Os resultados foram expressos em porcentagem (%) de perda de massa fresca.

4.4.2 Sólidos Solúveis

A análise dos teores de sólidos solúveis (SS) foi conduzida utilizando um refratômetro digital, com os resultados expressos em °Brix. O equipamento foi previamente calibrado com

água destilada, ajustando a leitura para 0 °Brix. Após a calibração, o prisma de medição foi cuidadosamente limpo e seco com papel toalha. Em seguida, uma alíquota da amostra de salsa que foi previamente macerada, foi depositada sobre o prisma, permitindo a realização da leitura direta da concentração de sólidos solúveis.

4.4.3 Acidez Titulável e Ratio

A determinação da acidez titulável (AT) realizada com titulometria. Amostras de 0,5 g de folhas de salsa foram homogeneizadas, maceradas e adicionadas aproximadamente 25 mL de água destilada, sendo tituladas com hidróxido de sódio 0,1 M. Para acidez titulável o resultado é expresso em porcentagem e calculado pela seguinte fórmula:

$$\frac{A}{T} (\%) = \frac{(V - F(\text{soda}) \cdot F(\text{ácido}) \cdot 100)}{P \cdot C}$$

Onde: V = ml gasto de hidróxido de sódio 0,1 M.

F(soda) = Fator da solução de hidróxido de sódio (0,1)

P = Peso da amostra em gramas (g)

F (ácido)= Fator de correção do ácido (0,9256)

C = Fator de correção do hidróxido de sódio em normalidade (C = 10 para a solução de NaOH 0,1 M).

A relação entre sólidos solúveis totais (*Ratio*) e a acidez titulável (ratio) foi obtida pela razão entre SS e AT, sendo um importante parâmetro para se medir o grau de amadurecimento do fruto. Para ratio o resultado é expresso em porcentagem e calculado pela seguinte fórmula:

$$\frac{SS}{AT}$$

Onde: SS = Teor de Sólidos Solúveis

AT = Acidez Titulável

4.4.4 Peroxidação Lipídica

A peroxidação lipídica foi determinada de acordo com o procedimento descrito por Heath e Packer (1968), que quantifica o malonaldeído (MDA) através de sua reação com o ácido 2-tiobarbitúrico (TBA).

Para isso, amostras de ramos e folhas (100 mg) foram maceradas em 2 mL de solução de ácido tricloroacético (TCA) a 0,1%, transferidas para tubos Eppendorf de 2 mL e centrifugadas a 15.000 rpm por 15 minutos a 4 °C. Em seguida, 500 µL do sobrenadante foram coletados e adicionados a um novo tubo Eppendorf de 2 mL contendo 1,5 mL de uma solução composta por ácido tricloroacético a 20% e ácido tiobarbitúrico a 0,5%.

As amostras foram lidas com o espectrofotômetro utilizando dois comprimentos de ondas (532 e 600 nm), a concentração de MDA foi calculada utilizando a seguinte equação:

A_{535} e A_{600} são as absorvâncias nos respectivos comprimentos de onda, $155.000 \text{ L/mol}^1/\text{cm}^1$ é o coeficiente de extinção molar para o complexo MDA-TBA.

4.4.5 Vida de Prateleira

O tempo de conservação pós-colheita foi determinado com base na avaliação das características físicas da salsa como:

Aparência dos Ramos e Folhas: A avaliação visual considerou a cor, o brilho, e a integridade dos ramos e folhas. Ramos e folhas que apresentarem descoloração, perda de brilho, ou sinais de murchamento foram consideradas como sinais de perda de qualidade.

Presença de manchas e/ou escurecimento: Quando observadas manchas, escurecimento, ou qualquer tipo de lesão que possam indicar deterioração ou degradação do produto.

Murchamento e perda de turgidez: A perda de turgidez, que resulta no murchamento das folhas, foi um indicador chave da perda de frescor e qualidade. As folhas flácidas ou murchas indicaram que a salsa não estava mais apta para comercialização.

Integridade estrutural: A quebra ou rompimento dos ramos e folhas, como a separação das folhas, foram considerados sinais de perda de qualidade na estrutura.

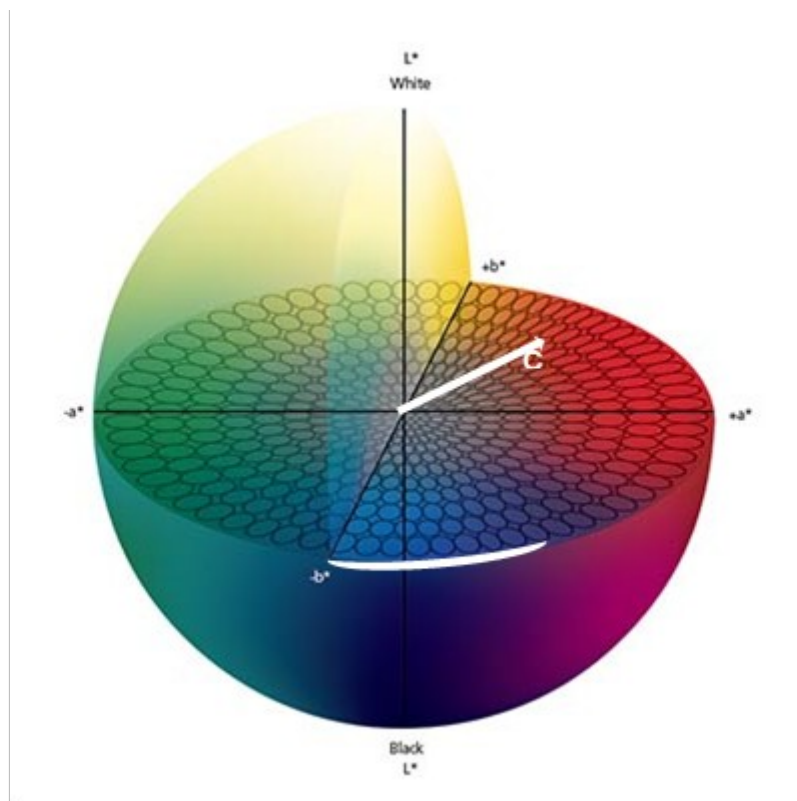
Com base nesses critérios visuais, foi determinado o momento em que a salsa já perdeu qualidade para ser comercializada. Esse ponto marca o fim de vida de prateleira da salsa.

4.4.6 Avaliação da coloração da epiderme

A avaliação da coloração foi realizada utilizando o calorímetro Delta Color, com as medições efetuadas em folhas frescas. Foi adotado o sistema de espaço de cor CIELab/Lab (Figura 2), onde L^* representa a luminosidade, a^* indica a coordenada vermelho/verde ($+a$ indica vermelho e $-a$ indica verde), e b^* representa a coordenada amarelo/azul ($+b$ indica amarelo e $-b$ indica azul), Cromatidade (C) que indica a cromaticidade, onde valores próximos a 0 e 90 indicam tonalidades de cor mais escura e clara, respectivamente e o *hue* (h°) define a coloração básica, onde $0^\circ =$ vermelho, $90^\circ =$ amarelo, $180^\circ =$ verde, $270^\circ =$ azul, respectivamente (EngeColor, 2023).

Foram realizadas 5 medições da coloração da epiderme por repetição na face adaxial e na região equatorial da folha.

Figura 2 - Espaço de cor CIELab/Lab

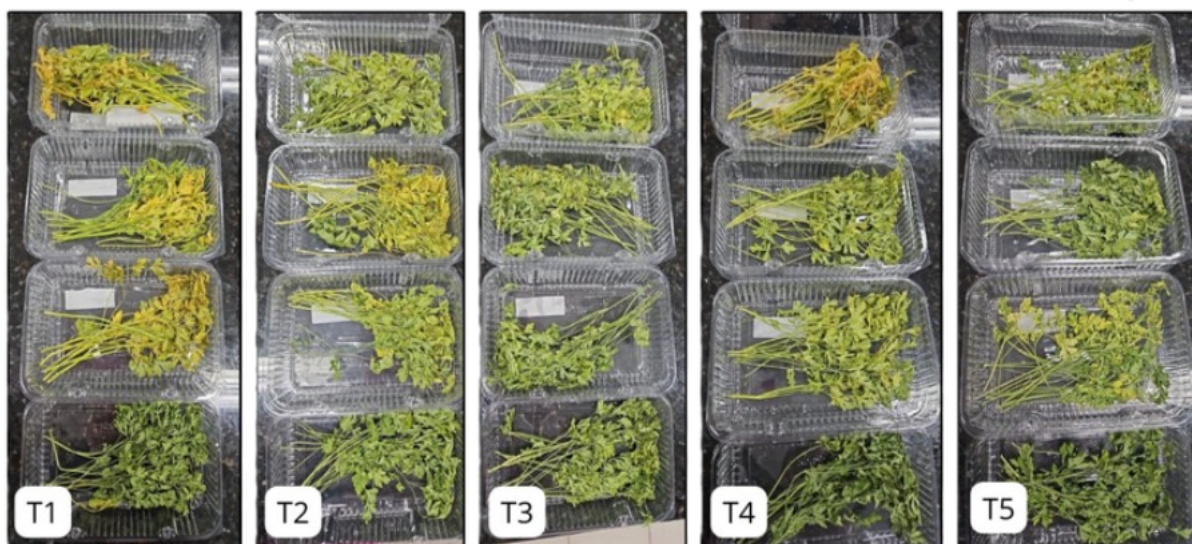


Fonte: X-Rite, 2018.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com base nos dados experimentais, obteve-se a decisão de descartar as análises do material com 6 dias de armazenamento a 25 °C, justificada pela degradação física e química extrema das amostras, que as tornou impróprias para consumo e invalidou a confiabilidade dos parâmetros avaliados. Aos 4 dias, as plantas já exibiam murchamento acentuado e secamento dos ramos e folhas, um quadro que se agravou drasticamente até o sexto dia. Essa deterioração visual avançada é quantificada pela perda de massa fresca, que superou 70% em alguns tratamentos, indicando uma desidratação severa e irreversível dos tecidos (Figura 2).

Figura 3 – Aspecto visual de salsa descartada do sexto dia. Salsas hidroresfriadas por 0 (T1), 3 minutos (T2), 6 minutos (T3), 9 minutos (T4) e 12 minutos (T5) armazenadas a 25 °C.



Fonte: Acervo próprio (2024).

Tal condição não apenas descaracteriza o produto comercialmente, mas também interfere diretamente na análise de parâmetros químicos, pois a concentração de sólidos solúveis e ácidos é artificialmente elevada pela perda de água, mascarando os verdadeiros processos metabólicos.

Além disso, o intenso amarelecimento e o escurecimento observados, corroborados pela alteração nos parâmetros de cor (redução de Luminosidade e aumento do Ângulo Hue), sinalizam a degradação avançada dos pigmentos clorofilianos e o início de processos oxidativos e necróticos. Nesse estado de senescência acelerada, medições de acidez titulável, sólidos solúveis ou peroxidação lipídica não refletem mais a qualidade inicial do produto, e sim um estágio terminal de decomposição.

Portanto, a exclusão dessas amostras do estudo assegura a robustez e a precisão dos resultados, focando a análise em condições em que o produto ainda mantém integridade física e metabólica passível de avaliação.

5.1 Perda de Massa

As salsas armazenadas a 5 °C por seis dias independente do tempo de hidroresfriamento tiveram perdas de massa fresca superiores a 20% em comparação ao 2 e 4 dias de armazenamento (Tabela 1). Isso indica que, mesmo sob refrigeração, a salsa sofre desidratação progressiva durante o período de armazenamento, em razão da alta relação superfície/volume das folhas, que favorece a transpiração (Alvares, 2006).

Aos 2 dias de armazenamento, salsa hidroresfriadas por 3, 9 e 12 minutos tiveram menor perda de massa em relação aos ramos e folhas do controle e hidroresfriadas por 6 minutos (Tabela 1) As salsas hidroresfriadas por 3, 9 e 12 minutos apresentaram menor perda de massa no segundo dia (7,80% a 9,83%) em comparação as submetidas por 6 minutos (21,55%) (Tabela 1). O tratamento com 12 minutos de hidroresfriamento apresentou a menor perda de massa no segundo dia (7,80%), sugerindo que tempos de hidroresfriamento maiores em salsas armazenadas por pequenos períodos pode reduzir a atividade metabólica e o murchamento desta olerácea. sugerindo que o resfriamento rápido reduziu a atividade metabólica inicial. No entanto, aos 4 e 6 dias, essas diferenças não foram significativas, indicando que o hidroresfriamento tem um maior impacto na fase inicial do armazenamento (Tabela 1).

Tabela 1 - Porcentagem de perda de massa de folhas e ramos de salsa submetidos ao hidroresfriamento por 0, 2, 3, 6, 9 e 12 minutos e armazenados por 2, 4 e 6 dias a 5 °C.

Tempo de hidroresfriamento em minutos	Período de armazenamento (dias)		
	2	4	6
	Perda de massa (%)		
Zero (controle)	12,13 ± 3,13 ABb	26,49 ± 0,87 Aa	27,09 ± 2,71 Aa
Três	9,83 ± 1,17Bb	20,43 ± 5,17 Aab	27,20 ± 4,71 Aa
Seis	21,55 ± 4,20 Aa	23,09 ± 2,62 Aa	21,02 ± 1,56 Aa
Nove	9,76 ± 2,14 Bb	15,53 ± 2,25 Ab	26,62 ± 0,23 Aa
Doze	7,80 ± 0,58 Bc	18,14 ± 0,86 Ab	26,20 ± 3,00 Aa

As médias seguidas por letras minúsculas nas linhas e maiúsculas nas colunas não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

As salsas armazenadas após quatro dias de armazenamento a 25 °C exibiram murchamento, secamento dos ramos e folhas, perda na qualidade que inviabilizou sua análise após este período (Tabela 2).

A perda de massa da salsa aumentou de forma geral com o período de armazenamento. A salsa controle e a hidroresfriada por 9 minutos e armazenadas por 4 dias tiveram perdas de massa de ~71% em comparação aos 2 dias de armazenamento. Já aos 3, 6 e 12 minutos de hidroresfriamento as perdas de massa se mantiveram estável não diferindo estatisticamente quanto ao tempo de armazenamento (Tabela 2). Aos 2 dias de armazenamento, salsas hidroresfriadas por 6 e 12 minutos tiveram menores perda de massa em comparação ao sem (controle) e hidroresfriadas por 3 minutos. Já aos 4 dias de armazenamento, todos os tratamentos apresentaram perdas de massa fresca superiores a 58%, demonstrando que, na ausência de refrigeração, mesmo o hidroresfriamento não é suficiente para preservar a qualidade da salsa por mais de dois dias (Tabela 2).

O hidroresfriamento por 6 e 12 minutos promoveu redução na temperatura, menor atividade metabólica e transpiração das folhas e ramos da salsa até os 2 dias de armazenamento. Após este período os tempos de hidroresfriamento e armazenamento não foi mais efetivo em reduzir a perda de massa em salsas armazenadas a temperatura de 25 °C.

Tabela 2 - Porcentagem de perda de massa de folhas e ramos de salsa submetidos ao hidroresfriamento e armazenamento por 2 e 4 dias a 25 °C.

Tempo de hidroresfriamento em minutos	Período de armazenamento (dias)	
	2	4
Perda de massa (%)		
Zero (controle)	57,60 ± 6,83 Ab	71,69 ± 6,01 Aa
Três	57,18 ± 8,88 Aa	60,36 ± 21,93 Aa
Seis	36,74 ± 10,62 Ba	58,16 ± 24,74 Aa
Nove	42,45 ± 7,40 ABb	71,44 ± 18,37 Aa
Doze	55,57 ± 8,96 Ba	63,10 ± 22,41 Aa

As médias seguidas por letras minúsculas nas linhas e maiúsculas nas colunas não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

Esses resultados estão em consonância com os estudos de Alvares (2006), que destacam a alta taxa de transpiração das hortaliças folhosas. O hidroresfriamento atua reduzindo a temperatura interna do produto rapidamente, diminuindo assim a atividade metabólica e a perda de água (Cortez *et al.*, 2002). No entanto, em temperaturas ambientes

elevadas, sua eficácia é limitada, reforçando a necessidade de combinação com outras técnicas, como a atmosfera modificada, conforme sugerido por Chitarra e Chitarra (2005).

5.2 Sólidos Solúveis

Os sólidos solúveis (SS), expressos em °Brix, representam a fração solúvel de compostos como açúcares, ácidos orgânicos, aminoácidos e compostos fenólicos, sendo utilizados como parâmetro de avaliação da qualidade sensorial e do grau de maturação.

Os resultados obtidos dos valores de SS variaram entre 3,25 a 4,90 °Brix durante o período de armazenamento a 5 °C (Tabela 3). Observa-se que as salsas hidroresfriadas por 3 minutos durante o período de armazenamento tiveram um aumento no teor de SS. Por outro lado, salsa hidroresfriadas por 9 min tiveram um decréscimo aos 4 dias seguidas de um aumento no teor de SS aos 6 dias de armazenamento (Tabela 3). Isso provavelmente pode ter ocorrido em razão na perda de água durante o período de armazenamento que concentrou o teor de sólidos solúveis nas folhas e ramos de salsa.

Tabela 3 - Teor de sólidos solúveis (SS) de folhas e ramos de salsa submetidos ao hidroresfriamento e armazenamento por 2, 4 e 6 dias a 5 °C.

Tempo de hidroresfriamento em minutos	Período de armazenamento (dias)		
	2	4	6
	Sólidos Solúveis (°Brix)		
Zero (controle)	4,25 ± 0,29 Aa	4,90 ± 0,20 Aa	4,68 ± 0,21 Aa
Três	3,25 ± 0,30 Ab	4,75 ± 0,12 Aa	4,55 ± 0,99 Aa
Seis	4,20 ± 0,20 Aa	4,08 ± 0,42 ABa	4,28 ± 0,52 Aa
Nove	4,18 ± 0,26 Aa	3,30 ± 0,44 Bb	4,60 ± 1,12 Aa
Doze	3,83 ± 0,05 Aa	4,08 ± 0,17 ABa	3,58 ± 0,30 Aa

As médias seguidas por letras minúsculas nas linhas e maiúsculas nas colunas não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

Entretanto, sob armazenamento a 25 °C, houve um aumento expressivo nos valores de SS no quarto dia, com variações entre 4,10 e 7,45 °Brix (Tabela 4). Tal incremento pode ser atribuído à concentração de solutos resultante da perda de água por transpiração e à degradação de amido e as pectinas, fenômenos que ocorrem com maior intensidade em temperaturas elevadas.

Tabela 4 - Teor de sólidos solúveis (SS) de folhas e ramos de salsa submetidos ao hidrosfriamento e armazenamento por 2 e 4 dias a 25 °C.

Tempo de hidrosfriamento em minutos	Período de armazenamento (dias)	
	2	4
Zero (controle)	5,25 ± 0,44 Aa	7,45 ± 2,82 Aa
Três	5,15 ± 0,91 Aa	6,57 ± 1,78 Aa
Seis	4,80 ± 1,16 Aa	4,10 ± 1,17 Aa
Nove	3,70 ± 0,42 Ab	6,92 ± 2,00 Aa
Doze	4,47 ± 0,60 Aa	5,20 ± 0,59 Aa

As médias seguidas por letras minúsculas nas linhas e maiúsculas nas colunas não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

No segundo dia de armazenamento, observa-se que o tratamento com 9 minutos de hidrosfriamento apresentou um valor menor de °Brix (3,70) em comparação aos demais tempos de resfriamento, que não diferiram estatisticamente entre si (Tabela 4). Entretanto, aos quatro dias de armazenamento, não houve diferença significativa entre os tratamentos para os teores de SS (Tabela 4). Além disso, os resultados deste trabalho também se alinham com as descobertas de Wang *et al.* (2019), que investigaram o efeito do tempo de hidrosfriamento em pêssegos. Esses pesquisadores identificaram que tempos entre 3 e 6 minutos foram os mais adequados para preservar a qualidade físico-química dos frutos, enquanto períodos superiores a 8 minutos levaram a perdas significativas de sólidos solúveis e firmeza. No presente estudo, o tratamento com 6 minutos apresentou valores intermediários de °Brix (4,8, 2 dias e 4,1 aos 4 dias), enquanto o tempo de 9 minutos resultou na menor concentração inicial, reforçando a ideia de que há um limite ideal para a duração do hidrosfriamento.

5.3 Acidez Titulável e Relação SS/AT (Ratio)

A acidez em produtos hortícolas é principalmente atribuída aos ácidos orgânicos presentes em suas células, como os ácidos cítrico e málico, majoritários em hortaliças folhosas. Estes ácidos podem ocorrer na forma livre ou combinada, sendo os principais constituintes da acidez titulável (AT) (Chitarra e Chitarra, 2005). A AT e a relação sólidos solúveis/acidez titulável (ratio) são parâmetros fundamentais para avaliar mudanças bioquímicas e o perfil sensorial pós-colheita.

Os resultados da AT (Tabela 5) revelam um padrão distinto entre o tratamento-controle e os tratamentos com hidrosfriamento. Enquanto a salsa-controle (0 min) manteve a acidez estável durante todo o armazenamento de 6 dias, os tratamentos hidrosfriados, em especial os de 3 e 6 minutos, apresentaram um aumento significativo da AT no sexto dia.

Este incremento tardio na acidez, observado no final do período de armazenamento refrigerado, pode estar associado a uma resposta metabólica diferencial induzida pelo hidrosfriamento. Uma hipótese é que, após um período inicial de metabolismo retardado (valores baixos de AT nos dias 2 e 4), ocorra uma aceleração de processos oxidativos, com a degradação de carboidratos e sua conversão em ácidos orgânicos pela via respiratória, conforme descrito na literatura para vegetais sob estresse de armazenamento prolongado (Chitarra e Chitarra, 2005). Para os tratamentos com 9 e 12 minutos, a variação da AT ao longo do tempo não foi estatisticamente significativa, embora uma tendência numérica de elevação no sexto dia também tenha sido observada.

Portanto, conclui-se que, para o parâmetro acidez titulável, o hidrosfriamento não se mostrou vantajoso em relação ao simples resfriamento a 5 °C (controle) em um armazenamento de 6 dias, podendo, na verdade, estar relacionado a um aumento da acidificação dos tecidos no período final da vida útil da salsa.

Tabela 5 - Acidez titulável total (AT) de folhas e ramos de salsa submetidos ao hidrosfriamento e armazenamento por 2, 4 e 6 dias a 5 °C.

Tempo de hidrosfriamento em minutos	Período de armazenamento (dias)		
	2	4	6
	Acidez titulável (%)		
Zero (controle)	1,40 ± 0,11Aa	1,57 ± 0,16 Aa	1,37 ± 0,12 Aa
Três	1,03 ± 0,08 Ab	1,12 ± 0,05 Bb	1,60 ± 0,15 Aa
Seis	0,92 ± 0,10 Ab	1,17 ± 0,07 ABb	1,67 ± 0,13 Aa
Nove	1,09 ± 0,11 Aa	1,20 ± 0,08 ABa	1,63 ± 0,34 Aa
Doze	1,20 ± 0,17 Aa	1,16 ± 0,09 ABa	1,45 ± 0,14 Aa

As médias seguidas por letras minúsculas nas linhas e maiúsculas nas colunas não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

De maneira geral, os valores de ratio mantiveram-se estáveis ao longo do tempo de armazenamento. As salsas hidrosfriadas por 3 min tiveram redução no ratio de 4,75 para 2,62 de 2 até os 6 dias de armazenamento (Tabela 6). Aos, 2, 4 e 6 dias de armazenamento os

tempos de hidrosfriamento não tiveram efeito sobre o ratio (Tabela 6). O ratio determina a razão entre açúcares e ácidos orgânicos. Ao contrário dos teores individuais de SS e AT, a relação SS/AT (ratio) mostrou-se um parâmetro mais sensível ao armazenamento. Observou-se uma tendência de redução do ratio ao longo do tempo, com queda significativa ($P < 0,05$) no tratamento de 6 minutos entre o 2º e o 6º dia de armazenamento (de 4,75 para 2,62), indicando uma acidificação dos tecidos da salsa.

Tabela 6 - Relação SS/AT de folhas e ramos de salsa submetidos ao hidrosfriamento e armazenamento por 2, 4 e 6 dias a 5 °C.

Tempo de hidrosfriamento em minutos	Período de armazenamento (dias)		
	2	4	6
	Relação SS/AT		
Zero (controle)	3,07 ± 0,24 Aa	3,20 ± 0,25Aa	3,45 ± 0,16 Aa
Três	3,21 ± 0,34 Aa	4,27 ± 0,11 Aa	2,86 ± 0,65 Aa
Seis	4,75 ± 0,62 Aa	3,54 ± 0,44 Aab	2,62 ± 0,40 Ab
Nove	3,96 ± 0,46 Aa	2,79 ± 0,42 Aa	2,80 ± 0,31 Aa
Doze	3,37 ± 0,45 Aa	3,59 ± 0,36 Aa	2,49 ± 0,17 Aa

As médias seguidas por letras minúsculas nas linhas e maiúsculas nas colunas não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

Ao analisar o quarto dia de armazenamento, os valores da relação SS/AT mantiveram-se relativamente estáveis para a maioria dos tratamentos, com exceção do tempo de 6 minutos, que apresentou redução para 3,54, e do tratamento de 9 minutos, que diminuiu para 2,79. Esta diminuição progressiva na relação SS/AT com o aumento do tempo de armazenamento corrobora os estudos de Silva *et al.* (2020), que observaram alterações significativas no balanço entre açúcares e ácidos durante o armazenamento prolongado de frutas tropicais.

No sexto dia de armazenamento, observou-se a redução nos valores de SS/AT em todos os tratamentos, com destaque para os tempos mais prolongados de hidrosfriamento (6, 9 e 12 minutos), que apresentaram os menores valores (2,62, 2,80 e 2,49 %, respectivamente). Esta redução pode estar associada ao metabolismo pós-colheita dos produtos, onde ocorre tanto a degradação de açúcares quanto a manutenção ou aumento da acidez, conforme discutido por Thompson *et al.* (2017). O tratamento de 3 minutos, que havia apresentado bom desempenho no quarto dia (4,27%), também sofreu redução para 2,86% no sexto dia,

indicando que mesmo tempos intermediários de hidrosfriamento não foram capazes de manter a relação SS/AT durante armazenamento de 6 dias.

O comportamento do tratamento controle (0 minutos), manteve valores relativamente estáveis de SS/AT ao longo de todo o período de armazenamento (3,07, 3,20 e 3,45%) nos dias 2, 4 e 6, respectivamente. Os resultados obtidos demonstram que a relação SS/AT é influenciada tanto pelo tempo de hidrosfriamento quanto pelo período de armazenamento. Enquanto tempos intermediários de hidrosfriamento (3-6 minutos) parecem oferecer benefícios iniciais, mas seu efeito tende a diminuir com o prolongamento do armazenamento.

No armazenamento a 25 °C, a AT apresentou um aumento gradual do segundo para o quarto dia (Tabela 7). Observa-se que aos 2 e 4 dias, independentemente do tempo de hidrosfriamento aplicado (0 a 12 min) não tiveram efeito na manutenção da acidez titulável. O aumento na AT dos 2 para 4 dias de armazenamento podem ser decorrentes da redução da perda de massa. Aos 4 dias de armazenamento, as salsas tiveram maior perda de água o que podem ter concentrado o teor de ácidos orgânicos.

Tabela 7 - Acidez titulável (AT) de folhas e ramos de salsa submetidos ao hidrosfriamento e armazenamento por 2 e 4 dias a 25 °C.

Tempo de hidrosfriamento em minutos	Período de armazenamento (dias)	
	2	4
	Acidez titulável (%)	
Zero (controle)	2,27 ± 0,23 Ab	7,00 ± 1,31 Aa
Três	1,77 ± 0,55 Ab	7,10 ± 3,24 Aa
Seis	2,38 ± 0,43 Ab	5,85 ± 2,24 Aa
Nove	2,04 ± 0,38 Ab	6,53 ± 2,43 Aa
Doze	2,49 ± 0,60 Ab	5,73 ± 1,63 Aa

As médias seguidas por letras minúsculas nas linhas e maiúsculas nas colunas não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

Nos primeiros dois dias de armazenamento, observou-se que todos os tratamentos de hidrosfriamento apresentaram valores de acidez titulável estatisticamente semelhantes, variando entre 1,77% (3 minutos) e 2,49% (12 minutos) (Tabela 7). Esta uniformidade nos valores iniciais sugere que o hidrosfriamento, independentemente de sua duração, não promoveu alterações imediatas significativas na acidez da salsa.

Estes resultados corroboram com os resultados encontrados por Silva *et al.* (2018) que verificaram um aumento na AT no espinafre durante o armazenamento foi atribuído à

degradação de compostos de reserva e ao acúmulo de ácidos orgânicos. Da mesma forma, Oliveira *et al.* (2020) relataram que técnicas pós-colheita, incluindo o hidroresfriamento, têm efeito limitado na modulação da acidez titulável em folhosas.

A análise dos dados demonstrou que a eficácia do hidroresfriamento sobre a acidez titulável (AT) foi diretamente influenciada pela sua duração. Tempos mais curtos (0 a 6 minutos) apresentaram um efeito limitado, sendo seu principal benefício a moderação do declínio natural da AT durante o armazenamento, um processo causado pelo consumo de ácidos orgânicos na respiração. Por outro lado, tempos mais longos (9 a 12 minutos) proporcionaram um efeito significativamente maior na preservação da acidez, desacelerando consideravelmente essa redução. Tal achado indica que o hidroresfriamento prolongado constitui a alternativa mais viável para armazenamentos estendidos, por ser mais eficiente na manutenção do perfil de acidez, um importante parâmetro de qualidade.

A salsa ao longo do armazenamento apresentou redução no ratio (Tabela 8). Aos 4 dias de armazenamento, independente do tempo de hidroresfriamento houve baixa razão SS/AT (Tabela 8). Já aos 2 dias de armazenamento, observa-se uma redução no ratio com o aumento do tempo de hidroresfriamento (Tabela 8). Isso ocorreu porque salsas submetidas a maiores tempos de hidroresfriamento apresentaram menores valores de SS (Tabela 4) e não tiveram variação na AT (Tabela 7).

Tabela 8 - Relação SS/AT (ratio) de folhas e ramos de salsa submetidos ao hidroresfriamento e armazenamento por 2 e 4 dias a 25 °C.

Tempo de hidroresfriamento em minutos	Período de armazenamento (dias)	
	2	4
	Relação SS/AT (ratio)	
Zero (controle)	2,32 ± 0,28 ABa	1,09 ± 0,52 Ab
Três	3,25 ± 1,68 Aa	0,98 ± 0,18 Ab
Seis	2,01 ± 0,27 Ba	0,73 ± 0,13 Ab
Nove	1,84 ± 0,25 Ba	1,12 ± 0,34 Ab
Doze	1,83 ± 0,28 Ba	0,95 ± 0,27 Ab

As médias seguidas por letras minúsculas nas linhas e maiúsculas nas colunas não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

Estes resultados estão em consonância com os achados de Costa *et al.* (2019), que observaram redução progressiva na relação SS/AT em ervas aromáticas durante o armazenamento à temperatura ambiente. Contudo, o presente estudo acrescenta a importante

observação de que o tempo de hidrosfriamento pode modular significativamente este processo, especialmente nos estágios iniciais de armazenamento. O trabalho de Martins *et al.* (2021) com manjeriço também relatou efeitos do hidrosfriamento na relação SS/AT, embora com padrões distintos, sugerindo que a resposta pode ser específica para cada espécie vegetal.

O estudo realizado por Martins *et al.* (2021) com manjeriço (*Ocimum basilicum* L.) apresenta diferenças significativas em relação aos resultados observados para a salsa, embora ambas as pesquisas tenham avaliado tempos idênticos de hidrosfriamento (0, 3, 6, 9 e 12 minutos) e períodos de armazenamento a 25 °C. No caso do manjeriço, a relação SS/AT apresentou um comportamento distinto, caracterizado por um declínio linear e progressivo ao longo do armazenamento, sem a queda abrupta verificada na salsa entre o segundo e o quarto dia. Enquanto na salsa a redução foi drástica, variando entre 50% e 70%, no manjeriço essa diminuição foi mais gradual, ficando na faixa de 15% a 20% após quatro dias de armazenamento.

Outro aspecto relevante diz respeito ao tempo ótimo de hidrosfriamento. Para o manjeriço, o melhor desempenho foi alcançado com 6 minutos de tratamento, resultando em uma relação SS/AT de 3,2% no quarto dia de armazenamento, enquanto na salsa o tempo de 3 minutos mostrou-se mais eficaz no curto prazo. Essa diferença pode estar relacionada às características anatômicas e fisiológicas específicas de cada espécie, já que o manjeriço possui tecidos foliares mais robustos e uma composição química distinta, com maior teor de óleos essenciais que podem influenciar a resposta ao resfriamento.

5.4 Peroxidação Lipídica

A análise da peroxidação lipídica em folhas e ramos de salsa armazenados a 5°C revelou padrões distintos de degradação oxidativa da membrana plasmática em função do tempo de hidrosfriamento e período de armazenamento. Os resultados demonstram que o processo oxidativo foi significativamente influenciado pelo hidrosfriamento e o período de armazenamento refrigerado.

Os resultados da peroxidação lipídica (Tabela 9) demonstraram que, independentemente do tratamento, os valores foram mais elevados no segundo dia de armazenamento a 5 °C, reduzindo-se e mantendo-se estáveis nos dias subsequentes. De forma interessante, o tratamento controle (sem hidrosfriamento) apresentou consistentemente uma das menores incidências de peroxidação lipídica ao longo do armazenamento, sendo

estatisticamente igual ou inferior à maioria dos tratamentos com hidrosfriamento aos 4 e 6 dias.

Entre os tratamentos com hidrosfriamento, não foi observada uma diferença estatística clara que permitisse definir um tempo ideal, uma vez que todos se equiparam ao controle em pelo menos um dos períodos avaliados. Esses resultados indicam que, para a salsa sob estas condições, o armazenamento a 5 °C foi suficiente para minimizar o estresse oxidativo, e o hidrosfriamento não conferiu uma vantagem adicional significativa em relação à peroxidação lipídica quando comparado ao controle. Esse comportamento está de acordo com os achados de Finger *et al.* (1999), que também observaram menor degradação de membranas celulares e menor acúmulo de peróxidos lipídicos em brócolis armazenados a temperaturas reduzidas.

Tabela 9 - Peroxidação lipídica de folhas e ramos de salsa submetidos ao hidrosfriamento e armazenamento por 2, 4 e 6 dias a 5 °C.

Tempo de hidrosfriamento em minutos	Período de armazenamento (dias)		
	2	4	6
	Peroxidação Lipídica (%)		
Zero (controle)	0,57 ± 0,05 Aa	0,23 ± 0,06 Ab	0,18 ± 0,09 Ab
Três	0,50 ± 0,08 Aa	0,24 ± 0,06 Ab	0,21 ± 0,04 Ab
Seis	0,52 ± 0,21 Aa	0,23 ± 0,08 Aa	0,32 ± 0,16 Aa
Nove	0,51 ± 0,12 Aa	0,25 ± 0,11 Aa	0,35 ± 0,18 Aa
Doze	0,49 ± 0,10 Aa	0,17 ± 0,20 Ab	0,23 ± 0,07 Aab

As médias seguidas por letras minúsculas nas linhas e maiúsculas nas colunas não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

Observou-se uma redução nos valores de peroxidação lipídica em salsa hidrosfriada por 3 e 12 minutos a partir do quarto dia, em comparação aos demais tempos de hidrosfriamento, mas não diferindo do controle. Os tempos de 3 e 12 minutos, assim como o controle, apresentaram os menores valores de peroxidação aos 4 dias, mas sem diferença estatística entre si, indicando que a refrigeração foi o fator determinante. Os tempos de hidrosfriamento de três e doze minutos associado ao armazenamento refrigerado podem ter contribuído para redução da peroxidação dos lipídeos das membranas plasmáticas, o que não foi observado este efeito nos demais tempos de hidrosfriamento.

Já no controle a redução da degradação da membrana plasmática durante o armazenamento pode ser explicado em função da refrigeração ter reduzido a atividade

metabólica e respiratória da salsa. A degradação dos lipídeos da membrana plasmática é ocasionada por espécies reativas de oxigênio (ROS) produzidos em frutos ou folhosas submetidas a estresses bióticos ou abióticos que elevam as taxas respiratórias. Desta forma, técnicas pós-colheita como hidroresfriamento associados a atmosfera refrigerada, controlado ou modificada podem contribuir para a redução da degradação das membranas de frutos e /ou hortaliças (Chitarra e Chitarra, 2006).

Silva *et al.* (2012) observaram que, de maneira geral, as folhosas apresentaram um padrão trifásico de peroxidação lipídica durante o armazenamento refrigerado: um pico inicial nos primeiros 2 dias, seguido de redução acentuada entre o 3º e 5º dia, e finalmente um novo aumento nos dias subsequentes. Este comportamento mostra certa semelhança com os resultados obtidos para a salsa, particularmente no que diz respeito à queda significativa nos valores de peroxidação lipídica entre o 2º e 4º dia de armazenamento. Contudo, enquanto no estudo de Silva este padrão foi consistente em todas as culturas analisadas, na salsa observou-se maior variabilidade entre os diferentes tempos de hidroresfriamento, especialmente nos tratamentos mais prolongados (6 e 9 minutos), que mantiveram valores mais elevados aos seis dias.

Tabela 10 - Peroxidação lipídica de folhas e ramos de salsa submetidos ao hidroresfriamento e armazenamento por 2 e 4 dias a 25 °C.

Tempo de hidroresfriamento em minutos	Período de armazenamento (dias)	
	2	4
Peroxidação Lipídica (%)		
Zero (controle)	1,01 ± 0,51 Ab	1,95 ± 0,29 Aa
Três	0,90 ± 0,37 Aa	1,61 ± 0,56 Aa
Seis	1,00 ± 0,35 Aa	1,89 ± 0,65 Aa
Nove	1,15 ± 0,15 Ab	1,81 ± 0,42 Aa
Doze	1,21 ± 0,31 Aa	1,62 ± 0,64 Aa

As médias seguidas por letras minúsculas nas linhas e maiúsculas nas colunas não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

Os dados referentes ao armazenamento a 25 °C (Tabela 10) demonstram que a peroxidação lipídica teve uma tendência de aumento do dia 2 para o dia 4, sendo esse aumento estatisticamente significativo para os tratamentos controle, 6 e 9 minutos. Esse aumento foi estatisticamente significativo para o tratamento controle e para os tempos de hidroresfriamento de seis e nove minutos, enquanto para os tempos de três e doze minutos o

aumento não foi significativo. Tal tendência era esperada, uma vez que a temperatura ambiente (25 °C) acelera os processos oxidativos. No entanto, em nenhum dos dias avaliados foi observada diferença estatística entre o tratamento controle e os tratamentos com hidrosfriamento.

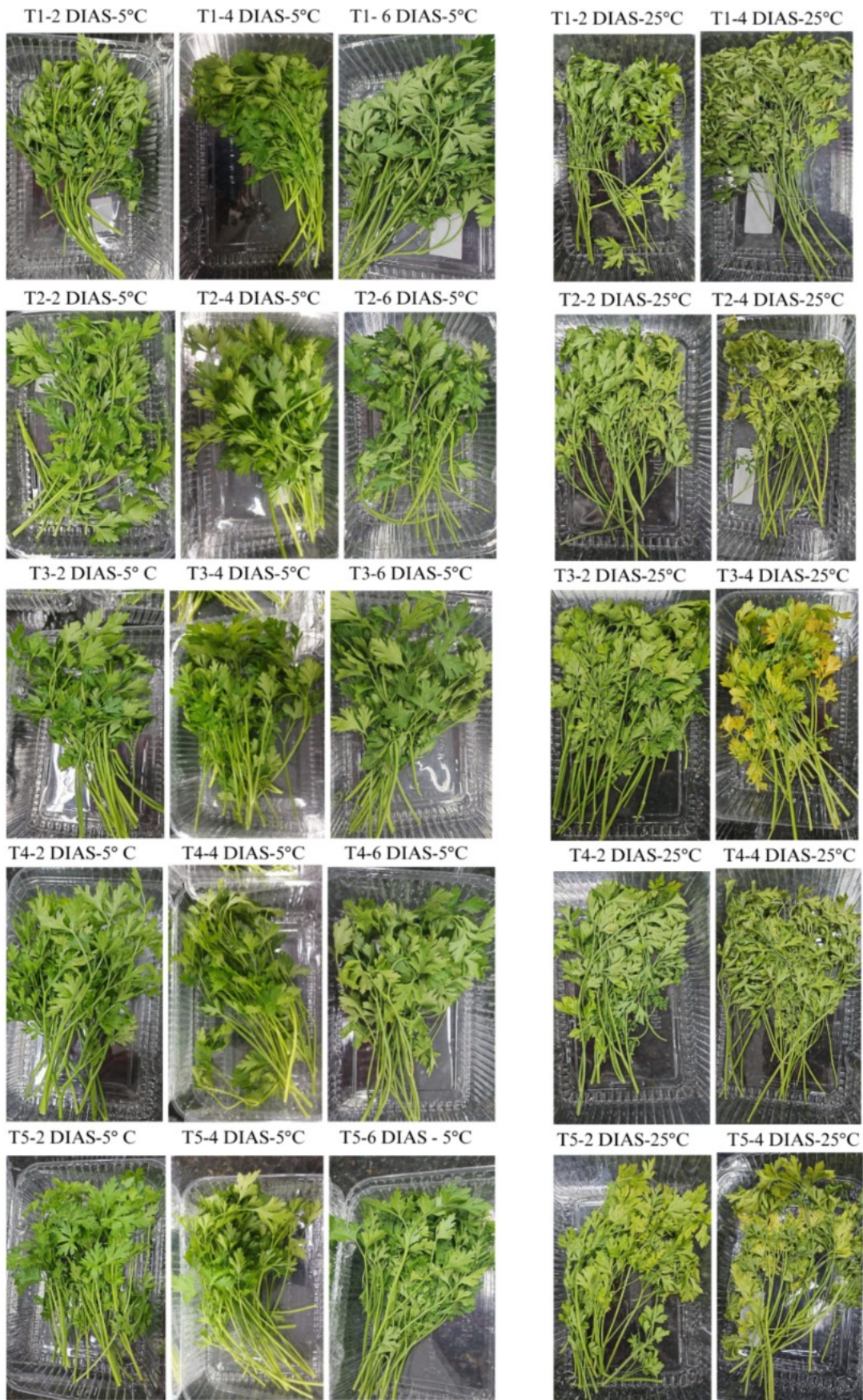
Dessa forma, sob condições de armazenamento a 25 °C, os dados obtidos não permitem afirmar que o hidrosfriamento foi uma estratégia eficaz para reduzir a peroxidação lipídica em folhas de salsa quando comparado ao controle. A principal conclusão é que a elevada temperatura de armazenamento foi o fator crítico para o aumento do estresse oxidativo, e o hidrosfriamento não conseguiu mitigar esse efeito de forma significativa.

5.4 Análise visual

A vida de prateleira da salsa foi significativamente influenciada pelas condições de armazenamento, temperatura e tempo de hidrosfriamento (Figura 1). As salsas hidrosfriadas e armazenadas por 5 °C mantiveram suas características comerciais por até seis dias (Figura 1). Já salsas armazenadas a 25 °C, a vida útil foi limitada a dois dias, em decorrência do pronunciado murchamento e amarelecimento das folhas a partir dos 2 dias.

Esses resultados estão de acordo com os obtidos por Alvares *et al.* (2007), que demonstraram que o hidrosfriamento associado à refrigeração pode estender a vida útil de hortaliças folhosas. A rápida deterioração em temperatura ambiente ressalta a importância do controle térmico pós-colheita para a manutenção da qualidade.

Figura 4 - Aspecto visual de salsa armazenada a 5 °C e 25 °C e hidrosfriadas por 0 (T1), 3 minutos (T2), 6 minutos (T3), 9 minutos (T4) e 12 minutos (T5).



Fonte: Acervo próprio (2024).

5.5 Avaliação da coloração da epiderme

O parâmetro “a” representa verde (-a) e vermelho (+a). Salsa hidroresfriadas e armazenadas a 5 °C apresentam valores negativos indicando manutenção da coloração verde. No entanto, observou-se que os valores de 2 para 6 dias de armazenamento se tornaram mais negativos excetuando a salsa hidroresfriada por 12 minutos (Tabela 11). Valores de “a” mais negativos podem indicar maior intensidade de coloração verde decorrente da perda de água nas folhas que podem ter concentrado os pigmentos clorofilianos e tornado a coloração verde aparentemente mais saturada (EngeColor, 2023). Como destacado por Valero e Serrano (2010), a desidratação tecidual é um fator crítico na alteração das propriedades visuais dos tecidos vegetais.

O parâmetro “b” quando valores mais negativos e mais positivos indicam tonalidades de cor azul e amarelo, respectivamente. Após 6 dias de armazenamento, todos os tratamentos exibiram um aumento nos valores de “b” (de 20 para 48), indicando um amarelecimento nas folhas de salsa. Este é um sinal clássico de degradação da clorofila e revelação dos carotenoides.

O Croma (C), que indica a saturação ou intensidade da cor, aumentou significativamente no 6º dia, indicando uma coloração mais clara (EngeColor, 2023). O Ângulo Hue (h°), que define a matiz da cor (EngeColor, 2023), também aumentou significativamente. Um ângulo h° próximo a 120° representa a cor verde. Valores crescentes acima disso indicam um deslocamento da cor verde escuro para um verde claro a amarelo (EngeColor, 2023). O aumento do h° para valores próximos de 140° confirma a transição da coloração de um verde vivo para um verde-amarelado, que pode ser confirmado pelos valores de b e pela análise visual amarelecimento observado visualmente (Figura 2).

Os resultados demonstram que a refrigeração e hidroresfriamento contribuem para manutenção da qualidade da salsa até os 6 dias de armazenamento. No entanto, aos 6 dias de armazenamento observa-se que a coloração das salsas alteram-se de verde escuro para verde-claro até amarelo.

Tabela 11 - Coloração da epiderme de folhas e ramos de salsa submetidos ao hidroresfriamento e armazenamento por 2, 4 e 6 dias a 5 °C.

Tempo de hidroresfriamento em minutos	Coloração da Epiderme		
	2 dias	4 dias	6 dias
		L	

Zero (controle)	40,08 ± 0,80 Aa	41,18 ± 1,39 Aa	41,80 ± 1,10 Aa
Três	40,60 ± 1,22 Aa	39,83 ± 0,63 Aa	42,93 ± 2,48 Aa
Seis	41,28 ± 0,34 Aa	40,95 ± 0,87 Aa	41,53 ± 1,77 Aa
Nove	40,63 ± 0,97 Aa	41,45 ± 2,33 Aa	42,85 ± 1,39 Aa
Doze	41,03 ± 0,33 Aa	41,58 ± 1,13 Aa	42,00 ± 1,93 Aa
a			
Zero (controle)	-10,60 ± 0,67 Aa	-10,83 ± 0,51 ABab	-12,10 ± 0,86 Ab
Três	-11,10 ± 0,48 ABa	-10,98 ± 0,48 ABa	-13,10 ± 1,19 Ab
Seis	-11,53 ± 0,45 ABab	-10,13 ± 1,02 Aa	-12,25 ± 1,40 Ab
Nove	-11,40 ± 0,55 ABa	-11,13 ± 0,73 ABa	-13,25 ± 1,87 Ab
Doze	-12,02 ± 0,39 Ba	-11,78 ± 0,55 Ba	-7,38 ± 13,74 Aa
b			
Zero (controle)	18,05 ± 1,67 Bb	19,40 ± 2,00 Ab	46,85 ± 4,05 Aa
Três	20,10 ± 2,26 ABb	19,30 ± 0,67 Ab	48,13 ± 12,73 Aa
Seis	19,48 ± 0,82 ABb	19,08 ± 1,56 Ab	42,18 ± 9,18 Aa
Nove	20,40 ± 1,30 ABb	20,95 ± 1,89 Ab	45,40 ± 13,39 Aa
Doze	21,83 ± 0,81 Ab	22,03 ± 0,98 Ab	47,88 ± 9,28 Aa
c			
Zero (controle)	20,98 ± 1,75 Bb	22,25 ± 1,98 Ab	59,45 ± 8,58 Aa
Três	22,98 ± 2,19 ABb	22,25 ± 0,71 Ab	58,80 ± 8,94 Aa
Seis	22,68 ± 0,93 ABb	21,78 ± 1,74 Ab	59,20 ± 8,60 Aa
Nove	23,38 ± 1,30 ABb	23,78 ± 1,81 Ab	62,60 ± 5,76 Aa
Doze	24,90 ± 0,95 Ab	24,95 ± 1,05 Ab	54,85 ± 9,96 Aa
h			
Zero (controle)	120,60 ± 0,95 Aa	119,53 ± 1,30 Aa	128,48 ± 11,15 Aa
Três	119,15 ± 2,11 Ab	119,70 ± 1,02 Ab	133,10 ± 9,08 Aa
Seis	120,80 ± 0,57 Ab	117,78 ± 1,31 Ab	138,43 ± 8,66 Aa
Nove	119,43 ± 1,59 Ab	118,18 ± 2,28 Ab	138,38 ± 8,23 Aa
Doze	118,98 ± 0,25 Ab	118,25 ± 0,82 Ab	139,68 ± 4,98 Aa

As médias seguidas por letras minúsculas nas linhas e maiúsculas nas colunas não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

O estresse causado pelo armazenamento em temperatura ambiente acelerou drasticamente a degradação da coloração da epiderme (Tabela 12). A luminosidade (L)

diminuiu significativamente após 4 dias em todos os tratamentos, indicando um escurecimento das folhas, possivelmente associado ao desenvolvimento de áreas necrosadas e à perda de turgescência.

O parâmetro “a” independente do período de armazenamento não apresentou alterações significativas. Já aos 4 dias de armazenamento, salsa hidroresfriadas por 12 minutos tiveram os menores valores de “a” em relação aos demais tratamentos. O parâmetro “b” sofreu uma redução significativa (valores caíram de 25,97 - 28,75 para 19,08 - 22,00), o que pode indicar escurecimento das folhas possivelmente decorrente do desenvolvimento de tonalidades marrons, precedendo a decomposição da epiderme da salsa.

Consequentemente, o Croma (C) diminuiu significativamente, confirmando uma perda generalizada na intensidade da cor. O Ângulo Hue (h°) aumentou significativamente, mas de uma forma diferente do observado a 5 °C. Este aumento para valores próximos de 119° reflete uma cor mais "amarelada" em relação ao estado inicial, mas este amarelecimento é menos intenso que a 5 °C, devido à redução de “b” e do “C”, caracterizando uma senescência muito mais avançada e degradativa.

A temperatura ambiente (25 °C) foi ineficiente para a conservação da coloração da salsa. As alterações observadas, escurecimento (L menor), perda de intensidade (C menor) e mudança de matiz para um verde-amarelado opaco (h° maior), são sintomas de uma senescência acelerada e descontrolada, envolvendo não apenas a degradação de clorofila, mas também prováveis processos oxidativos e microbiológicos que levam ao escurecimento enzimático e não-enzimático. Estes resultados são consistentes com Finger *et al.* (1999), que relataram amarelecimento e perda de qualidade visual acelerados em brócolis mantidos à temperatura ambiente. O hidroresfriamento foi completamente ineficaz em mitigar este processo degenerativo sob condições não refrigeradas.

Tabela 12 - Coloração da epiderme de folhas e ramos de salsa submetidos ao hidroresfriamento e armazenamento por 2 e 4 dias a 25 °C.

Tempo de hidroresfriamento em minutos	Coloração da Epiderme	
	2 dias	4 dias
	L	
Zero (controle)	45,94 ± 2,55 Aa	41,17 ± 1,40 Ab
Três	47,16 ± 0,98 Aa	39,82 ± 0,63 Ab
Seis	45,45 ± 2,90 Aa	40,92 ± 0,84 Ab
Nove	45,98 ± 2,78 Aa	41,45 ± 2,32 Ab

Doze	48,71 ± 2,66 Aa	41,55 ± 1,13 Ab
a		
Zero (controle)	-10,68 ± 0,48Aa	-10,83 ± 0,51 ABa
Três	-10,89 ± 0,86 Aa	-10,98 ± 0,46 ABa
Seis	-10,87 ± 0,48 Aa	-10,10 ± 1,00 Aa
Nove	-10,40 ± 0,62 Aa	-11,12 ± 0,75 ABa
Doze	-10,15 ± 0,57 Aa	-11,76 ± 0,55 Bb
b		
Zero (controle)	25,97 ± 2,73 Aa	19,39 ± 1,98 Ab
Três	27,67 ± 2,06 Aa	19,31 ± 0,68 Ab
Seis	26,26 ± 3,04 Aa	19,08 ± 1,58 Ab
Nove	26,51 ± 4,39 Aa	20,96 ± 1,91 Ab
Doze	28,75 ± 3,44 Aa	22,00 ± 0,96 Ab
c		
Zero (controle)	28,10 ± 2,70 Aa	22,25 ± 1,99 Ab
Três	29,76 ± 2,14 Aa	22,23 ± 0,74 Ab
Seis	28,46 ± 2,89 Aa	21,74 ± 1,74 Ab
Nove	28,54 ± 4,28 Aa	23,76 ± 1,83 Aa
Doze	30,53 ± 3,33 Aa	24,97 ± 1,05 Aa
d		
Zero (controle)	112,55 ± 1,24 Ab	119,52 ± 1,29 Aa
Três	111,74 ± 1,27 Ab	119,69 ± 1,00 Aa
Seis	112,80 ± 2,21 Ab	117,77 ± 1,32 Aa
Nove	111,84 ± 2,41 Ab	118,18 ± 2,26 Aa
Doze	109,68 ± 2,05 Ab	118,23 ± 0,81 Aa

As médias seguidas por letras minúsculas nas linhas e maiúsculas nas colunas não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

Todos os tratamentos apresentaram redução significativa na luminosidade após 4 dias de armazenamento independentemente do tempo de hidrosfriamento. O valor médio de “L” diminuiu de aproximadamente 46,6 para 41,0, indicando escurecimento progressivo da superfície foliar. O tratamento de 12 minutos destacou-se por apresentar a maior luminosidade inicial (48,71), mas também sofreu redução acentuada após 4 dias (41,55).

Pesquisa comparativa de Oliveira e Finger (2022) com cinco técnicas pós-colheita em rúcula demonstrou que a luminosidade (L) foi o parâmetro mais sensível ao armazenamento, com reduções entre 18-25% em 5 dias a 22 °C. Os valores negativos de a (entre -10,1 e -11,8) confirmam a predominância da coloração verde em todas as amostras. Observou-se maior estabilidade neste parâmetro, com diferença significativa apenas para o tratamento de 12 minutos no quarto dia, indicando intensificação do tom verde neste grupo específico.

Pesquisa desenvolvida por Kim *et al.* (2022) com manjeriço submetido a diferentes tempos de hidrosfriamento (0-15 min) demonstrou que o tratamento de 10 minutos proporcionou melhor preservação da coloração verde após 7 dias a 10 °C. Este achado apresenta paralelo com os resultados da salsa, onde o tratamento de 12 minutos mostrou melhor desempenho na manutenção dos parâmetros de cor, indicando que tempos mais longos de hidrosfriamento podem ser benéficos para preservação da coloração em ervas aromáticas. Entretanto, o estudo com manjeriço não registrou a mudança característica no ângulo hue observada na salsa, possivelmente devido às diferenças no perfil de pigmentos entre as espécies.

O padrão observado para o croma acompanhou o comportamento do componente “b”, com reduções significativas após 4 dias na maioria dos tratamentos. Os valores caíram de cerca de 29,0 para 22,5 em média, indicando perda de vivacidade da coloração. Os tratamentos de nove e doze minutos mostraram melhor manutenção dos valores de croma ao longo do tempo.

Um estudo realizado por Chen *et al.* (2023) sobre a dinâmica da cor em vegetais folhosos, utilizando imageamento hiperespectral, revelou que mudanças no componente “b” estão fortemente correlacionadas com a degradação de carotenoides. Os resultados da salsa, que mostraram redução média de 24% nos valores de “b” em 4 dias, sugerem perda acelerada desses pigmentos acessórios em condições de armazenamento à temperatura ambiente, padrão mais intenso que o observado por Chen *et al.* (2023) em couve refrigerada (15% em 7 dias).

A análise colorimétrica quantificou objetivamente a severa degradação visual da salsa durante o armazenamento. O amarelecimento foi o principal processo de degradação a 5 °C, enquanto a 25 °C, observou-se uma deterioração mais complexa, envolvendo escurecimento e perda de vivacidade. A refrigeração a 5 °C foi fundamental para retardar, mas não impedir, estes processos. O hidrosfriamento mostrou um efeito modesto e inconsistente na preservação da cor, sendo sua principal vantagem a manutenção da massa fresca, como visto na Perda de Massa.

6. CONCLUSÕES

Com base nos resultados, verificou-se que o hidrosfriamento, especialmente com 12 minutos de imersão em água gelada é eficaz na redução da perda de massa da salsa durante o armazenamento refrigerado a 5 °C. No entanto, sua eficácia mostrou-se limitada em temperatura ambiente (25 °C), uma vez que as perdas de massa foram elevadas independentemente do tratamento utilizado.

A refrigeração a 5 °C mostra-se determinante para preservar a qualidade físico-química da salsa, mantendo estáveis a acidez titulável, os sólidos solúveis e a relação SS/AT por até seis dias. Em contrapartida, o armazenamento a 25 °C resulta em acidificação acelerada e diminuição da relação SS/AT, o que compromete a qualidade sensorial do produto.

O hidrosfriamento tem um efeito positivo, ainda que moderado principalmente a curto prazo (2–4 dias), na redução da perda de massa e da peroxidação lipídica a 5 °C. O tempo de 12 minutos de hidrosfriamento geralmente apresentaram os melhores resultados.

Mesmo sob diferentes tempos de hidrosfriamento, a condição ambiental de 25 °C é determinante para uma deterioração rápida e intensa. O produto perde sua qualidade comercial em um período máximo de dois dias, apresentando acidificação pronunciada, elevada perda de água por desidratação, severo estresse oxidativo e alterações significativas na coloração.

Para pequenos produtores, recomenda-se, prioritariamente, o armazenamento sob refrigeração a 5 °C. O hidrosfriamento por 9 a 12 minutos pode ser utilizado como técnica complementar para auxiliar na manutenção da qualidade inicial do produto.

Em situações em que não há disponibilidade de refrigeração, o uso de embalagens de PET com atmosfera modificada mostra-se insuficiente para minimizar as perdas, reforçando a importância do resfriamento para a conservação pós-colheita dessa hortaliça.

Este estudo confirma a relevância de práticas como a temperatura é determinante para a conservação pós-colheita da salsa. O hidrosfriamento mostra-se uma técnica complementar válida, cuja eficácia está intrinsecamente vinculada à manutenção da cadeia do frio. Dessa forma, a técnica configura-se não como um substituto, mas como um auxílio para a refrigeração, sendo crucial para a preservação da qualidade do produto.

7. REFERÊNCIAS

ALVARES, V.S. **Pré-resfriamento, embalagem e hidratação pós-colheita de salsa.** 2006. 161 p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Programa de pós-graduação em Fitotecnia, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG, 2006. Disponível em: <http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/>. Acesso em: 11 abr. 2024.

ALVARES, V. S. *et al.*. Nota Científica: pré-resfriamento e embalagem na conservação de folhas de salsa. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 13, p. 107-111, 2007.

APELAND, J. Factors affecting respiration and colour during storage of parsley. **Acta Horticulturae**, n. 20, p. 43-52, 1971.

BARTLETT, M. S. Properties of sufficiency and statistical tests. **Proceedings of the Royal Society of London**, serie A, London, 160:268-282, 1937.

BECKER, B. R.; FRICKE, B. A. Hydrocooling time estimation methods. **International Communications in Heat and Mass Transfer**, v. 29, n. 2, p. 165-174, 2002.

BERLI, K. M. C *et. al.* Influência de sanificantes nas características, microbiológicas, físicas e físico-químicas de cebola (*Allium cepa* L.) minimamente processada. **Ciência Agrotecnologia**, v.28, n.1, p. 107-112. 2004.

CARVALHO, N. L. **Cultura da Salsa (*Petroselinum crispum*)**. Dissertação (Graduação) da Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura Luiz Queiroz-SP, Piracicaba. 2011.

CHITARRA, Maria Isabel Fernandes; Chitarra, Adimilson Bosco. **Pós-colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manuseio**. 2. ed. rev. e ampl. Lavras: Ed. UFLA, 2005. 783 p., il. ISBN 8587692275.

CHITARRA, Maria Isabel Fernandes; Chitarra, Adimilson Bosco. **Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio**. Lavras: ESAL/FAEPE, 1990. 293 p.

CLIMATE. São Miguel do Oeste. 2022. Disponível em: <https://pt.climatedata.org/>. Acesso em: 27 ago. 2024.

CORTEZ, L. A. B.; HONÓRIO, S. L.; NEVES FILHO, L. C.; MORETTI, C. L. **Importância do resfriamento para frutas e hortaliças no Brasil**. In: Cortez, L. A. B. *et al.* (ed.) Resfriamento de frutas e hortaliças. Embrapa Hortaliças. pg. 18-35, 2002.

CORTEZ, L. A. B. *et al.*. Resfriamento rápido de hortaliças utilizando água gelada e gelo. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v. 8, n. 3, p. 163–166, 2002.

COSTA, E. L. *et al.*. (2019). Alterações pós-colheita em ervas aromáticas: aspectos bioquímicos e sensoriais. **Horticultura Brasileira**, 37(2), 145-152.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Balanco de comercialização de frutas e hortaliças mostra movimentação superior a R\$ 60 bilhões nas Ceasas**. 2023. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/> Acesso em: 19 ago. 2024.

DEL AGUILA, J. *et al.*. Qualidade de rabanete minimamente processado e armazenado em embalagens com atmosfera modificada passiva e refrigeração. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, v. 9, n. 1, p. 19-24, 2006.

ENGECOLOR. **Teoria e história da cor**. 2023. Disponível em: <https://engecolornet.com.br/teoria-e-historia-da-cor>. Acesso em: 17 agosto de 2024.

EMBRAPA. **A Cadeia Produtiva de Hortaliças e o Valor Bruto da Produção**. 2023. Disponível em: <https://www.embrapa.br/>. Acesso em: 19 ago. 2024.

EMBRAPA. **Pós-colheita de Hortaliças**. 2007. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/11930/2/00081040.pdf>. Acesso em: 20 ago. 2024.

FILGUEIRA, F. A. R. **Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. 3. ed. Viçosa: UFV, p. 13-21, 2008.

FINGER, F.L.; VIEIRA, G. **Controle da perda pós-colheita de água em produtos hortícolas**. Editora UFV, Viçosa, Brasil. 1997, 29 p.

FINGER, F. L. *et al.* Physiological changes during postharvest senescence of broccoli. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 34, n. 9, p.1565-1569, 1999.

GAST, K. L. B.; FLORES, R. Postharvest management of commercial horticultural crops: precooling produce - fruit & vegetables. Cooperative extension service. Kansas State University. Manhattan, Kansas. **Horticulture**, v. 11, p.7, 1991.

GALVÃO, H. L. **Efeito do pré-resfriamento e do filme de PVC sobre a qualidade pós-colheita de brócolis**. 2005. 38 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa – MG.

GRANDI, T. S. M. Tratado das plantas medicinais [recurso eletrônico]: mineiras,nativas e cultivadas. Belo Horizonte: Adaequatio Estúdio, histórica. **Horticultura Brasileira**, v. 26, p. 428-432, 2014.

GREENGRASS, J. Films para envasado en atmósfera modificada. *In*: PARRY, R.T. **Envasado de los alimentos em atmosfera modificada**. Madrid: A. Madrid Vicente, 1993. p. 79-118.

GUIMARÃES, S.F. **Respostas fisiológicas na pós-colheita de folhas de manjeriço (*Ocimum basilicum* L.)**. 2015. 104 f. Tese (Doutorado) - Curso de Fisiologia Vegetal, Universidade Federal de Viçosa - UFV, Viçosa - MG, 2015.

HEATH, R.L.; PACKER, L. Photoperoxidation in isolated chloroplasts. I. Kinetics and stoichiometry of fatty acid peroxidation. **Archives of biochemistry and biophysics**, v.125, p.189–198, 1968.

JACOBI, K.K; MACRAE, E.A.; HETHERINGTON, S.E. Effects of hot air conditioning of 'Kensington' mango fruit on the response to hot water treatment. **Postharvest Biology and Technology**, EUA, v.21 p.39-49, 2000.

LILL, R. E, *et al.* Physiological changes in asparagus spears immediately after harvest. **Scientia Horticulture**, v. 44, p. 191-199, 1990.

LIMA, M. A. C. *et al.* Avaliação de parâmetros fisiológicos e bioquímicos em manjeriço submetido a hidrosfriamento. **Horticultura Brasileira**, v. 37, n. 2, p. 125–130, 2019.

LIMA, J. L. **Coleção didática de acessos do gênero Ocimum**. 2016. 30 f. TCC (Graduação) - Curso de Agronomia, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 2016.

LIPTON, W. J. Senescence of leafy vegetables. **HortScience**, v. 22, n. 5, p. 854-859, 1987.

MADEIRA, N. R.; REIFSCHNEIDER, F. J. B.; GIORDANO, L. B. Contribuição portuguesa à produção e ao consumo de hortaliças no Brasil: uma revisão histórica. **Horticultura Brasileira**, v.26, p.428-432, 2008.

MANTILLA, S.P.S; MANO, S.B; VITAL, H.C.; FRANCO, R.M.; Atmosfera modificada na conservação de alimentos. **Rev. Acad., Ciênc. Agrar. Ambient.** Curitiba, v. 8, n. 4, p. 437-448, 2010.

MARTÍNEZ-SÁNCHEZ, A. *et al.* Low oxygen levels and light exposure affect quality of fresh-cut Romaine lettuce. **Postharvest Biology and Technology**, v. 59, n. 1, p. 34-42, 2011.

MARTINS, R.C. *et al.*. (2021). Efeito do hidrosfriamento na qualidade pós-colheita de manjeriço. **Revista de Agricultura Tropical**, 8(3), 210-218.

MITCHELL, F.G. Cooling of horticultural commodities. *In*: KADER, A. A. Postharvest technology of horticultural crops. 3. ed. **Division of Agriculture and Natural Resources**. Davis: University of California, n. 3311, 2002. 295p.

OLIVEIRA, D. P. *et al.* Peroxidação lipídica e qualidade pós-colheita de rúcula armazenada sob diferentes temperaturas. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 43, n. 3, p. 688–695, 2020.

OLIVEIRA, R.T. *et al.*. (2020). Efeito de técnicas pós-colheita na qualidade de ervas aromáticas. **Horticultura Brasileira**, 38(3), 210-218.

PACHECO, E. B.; HEMAIS, C. A. Mercado para produtos reciclados à base de PET/HDPE/Ionômero. *In: Polímeros: Ciência e Tecnologia*, p. 59-64, 1999

PARK, K. W.; KANG, H. M.; YANG, E. M.; JUNG, J. C. Effects of film package and storage temperature on the quality of parsley in modified atmosphere storage. **Acta Horticulturae**, n. 483, p. 291-298, 1999.

REPKE, R. A.; VELOZO, M. R.; DOMINGUES, M. C.S.; RODRIGUES, J. D. Efeitos da aplicação de reguladores vegetais na Cultura da alface (*lactuca sativa*) crespa var. Verônica e Americana var. Lucy brow. **Nucleus**, v.6, n.2, 2009.

ROSA, C.I.L.F., MORIBE, A.M., YAMAMOTO, L.Y.; SPERANDIO, D. **Pós-colheita e comercialização**. *In: BRANDÃO FILHO, J.U.T., FREITAS, P.S.L., BERIAN, L.O.S., and GOTO, R., comps. Hortaliças-fruto [online]. Maringá: EDUEM, 2018, p. 489-526.*
Disponível em: <https://doi.org/10.7476/9786586383010.0017>. Acesso em: 16 ago. 2024.

RODRIGUES, A. P. D. C.; LAURA, V. A.; CHERMOUTH, K. S.; GADUM, J. Absorção de água por semente de salsa, em duas temperaturas. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 30, n.1, p. 49-54, 2008.

RUFINO, M. S. M. *et. al.*, **Metodologia científica**: Determinação da atividade antioxidante total em frutas pela captura do radical livre ABTS+. Comunicado Técnico. EMBRAPA Agroindústria Tropical, 2007.

SEKITA, M. C. **Efeito do nitroprussiato de sódio na germinação de sementes de ervilha (*Pisum sativum* L.)**. 2013. 66 p. Dissertação (Doutorado em Fisiologia Vegetal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG. 2013. Disponível em: <http://www.locus.ufv.br/handle/123456789/6550>. Acesso em: 18 jul. 2024.

SILVA, J.S. e; FINGER, F.L.; CÔRREA, P.C. Armazenamento de frutas e hortaliças. *In*: SILVA, Juarez de Sousa e. **Secagem e armazenagem de produtos agrícolas**. 2. ed. Viçosa: Aprenda Fácil, 2008. p. 469-502.

SHAPIRO, S. S.; WILK, M. B. An analysis of variance test for normality (complete samples). **Biometrika**, v. 52, n. 3–4, p. 591–611, 1965.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3 ed. Trad. SANTARÉM, E. R. *et al.*. Porto Alegre: Artmed. 2006. 719p

TERUEL, B.; CORTEZ, L.; NEVES, L. Estudo comparativo do resfriamento de laranja Valência em três sistemas de resfriamento. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 5, p. 481-486, 2004.

TSANG, M.; FURUTANI, S. A lowcosthydrocoolingunit for horticultural commodities. **Journal Hawaii Pacific Agriculture**, v.14, p. 1-14, 2008.

VALERO, Daniel; SERRANO, María. **Postharvest Biology and Technology for Preserving Fruit Quality**. Boca Raton: CRC Press, 2010. P. 175-190. ISBN 978-1-4398-0266-3.

WILLS, R.; McGLASSOM, B.; GRAHAM, D.; JOYCE, D. **Postharvest: and introduction to the physiology and handling of fruit, vegetables and ornamentals**. 4. ed. New York: CAB International, 1998.

WILLS, R. B. H. *et al.*. **Postharvest: an introduction to the physiology and handling of fruit, vegetables and ornamentals**. 4. ed. Sydney: UNSW Press, 2004.

X-RITE. **Tolerância parte 3: Espaço de cor vs. Tolerância de cores**, 2018. Disponível em: <https://www.xrite.com/pt-pt/blog/tolerancing-part-3>. Acesso em: 03 dez. 2025.