



## APLICAÇÃO DE HIDRORRESFRIAMENTO NA CONSERVAÇÃO PÓS-COLHEITA DE MORANGOS ARMAZENADOS SOB REFRIGERAÇÃO

## APLICACIÓN DEL HIDROENFRIAMIENTO EN LA CONSERVACIÓN POSTCOSECHA DE FRESAS ALMACENADAS EN REFRIGERACIÓN

## APPLICATION OF HYDROCOOLING IN THE POSTHARVEST CONSERVATION OF STRAWBERRIES STORED UNDER REFRIGERATION

Apresentação: Comunicação Oral

Islaine de Jesus Silva<sup>1</sup>; Ithalo Rodrigues Melo dos Santos<sup>2</sup>; Cristina Bani Corrêa<sup>3</sup>; Angelise Durigon<sup>4</sup>; Marcelo Augusto Gutierrez Carnelossi<sup>5</sup>

DOI: <https://doi.org/10.31692/VICIAGRO.0130>

### RESUMO

O morango é uma fruta amplamente consumida, tanto *in natura* quanto na forma processada, sendo utilizado na elaboração de diversos derivados, como geleias, sorvetes e bolos. Devido às suas propriedades morfológicas e físicas, bem como às alterações que ocorrem nos frutos após a colheita, o morango é considerado altamente perecível, o que torna a aplicação de tratamentos pós-colheita fundamental para minimizar as perdas. O presente trabalho teve como objetivo avaliar a influência do hidrorresfriamento na manutenção da qualidade do morango ao longo do tempo, sob conservação refrigerada. Para determinar a temperatura a ser utilizada no hidrorresfriamento, morangos foram imersos em água com gelo a 10 °C, 8 °C, 4 °C e 1 °C, sendo determinadas as taxas de resfriamento. A temperatura de 4 °C foi escolhida para o tratamento, por estar mais próxima da temperatura de armazenamento. Os morangos foram selecionados e divididos em dois grupos: morangos hidrorresfriados e morangos não hidrorresfriados, sendo ambos armazenados por 10 dias em câmara BOD a 4 ± 1 °C. A cada cinco dias, amostras foram retiradas para realização de análises físicas, físico-químicas e visuais. Verificou-se que o do hidrorresfriamento não afetou os parâmetros físicos e físico-químicos analisados, mas manteve a firmeza dos frutos.

**Palavras-Chave:** Pré-resfriamento, Refrigeração, Tratamento, Armazenamento.

### RESUMEN

La fresa es una fruta ampliamente consumida, tanto en estado fresco como procesada, y se utiliza en la elaboración de diversos productos derivados, como mermeladas, helados y pasteles. Debido a sus propiedades morfológicas y físicas, así como a las alteraciones que ocurren en los frutos después de la cosecha, la fresa se considera altamente perecedera, lo que hace que la aplicación de tratamientos postcosecha sea fundamental para minimizar las pérdidas. El presente trabajo tuvo como objetivo evaluar la influencia del hidrogenfriamiento en el mantenimiento de la calidad de la fresa a lo largo del tiempo, bajo conservación refrigerada. Para determinar la temperatura a ser utilizada en el hidrogenfriamiento, las fresas fueron sumergidas en agua con hielo a 10 °C, 8 °C, 4 °C y 1 °C,

<sup>1</sup> Engenharia de Alimentos, Universidade Federal de Sergipe, [Islainedejesussilva911@gmail.com](mailto:Islainedejesussilva911@gmail.com)

<sup>2</sup> Engenharia de Alimentos, Universidade Federal de Sergipe, [ith.psn@gmail.com](mailto:ith.psn@gmail.com)

<sup>3</sup> Mestre, Universidade Federal de Sergipe, [bani\\_cristina@yahoo.com.br](mailto:bani_cristina@yahoo.com.br)

<sup>4</sup> Professora Doutora, Universidade Federal de Sergipe, [angelise@academico.ufs.br](mailto:angelise@academico.ufs.br)

<sup>5</sup> Professor Doutor, Universidade Federal de Sergipe, [carnelossi@academico.ufs.br](mailto:carnelossi@academico.ufs.br)

determinándose las tasas de enfriamiento. La temperatura de 4 °C fue elegida para el tratamiento, por estar más cercana a la temperatura de almacenamiento. Las fresas fueron seleccionadas y divididas en dos grupos: fresas hidrogenfriadas y fresas no hidrogenfriadas, siendo ambos almacenados durante 10 días en una cámara BOD a  $4 \pm 1$  °C. Cada cinco días, se retiraron muestras para la realización de análisis físicos, fisicoquímicos y visuales. Se verificó que el hidrogenfriamiento no afectó los parámetros físicos y fisicoquímicos analizados, pero mantuvo la firmeza de los frutos.

**Palabras Clave:** Preenfriamiento, Refrigeración, Tratamiento, Almacenamiento.

#### ABSTRACT

Strawberries are a widely consumed fruit, both fresh and processed, and are used in the production of various derived products such as jams, ice creams, and cakes. Due to their morphological and physical properties, as well as the changes that occur in the fruit after harvest, strawberries are considered highly perishable, which makes the application of postharvest treatments essential to minimize losses. The aim of the present study was to evaluate the influence of hydrocooling on the maintenance of strawberry quality over time under refrigerated storage. To determine the temperature to be used for hydrocooling, strawberries were immersed in ice water at 10 °C, 8 °C, 4 °C, and 1 °C, and the cooling rates were measured. The temperature of 4 °C was chosen for the treatment, as it was closer to the storage temperature. The strawberries were selected and divided into two groups: hydrocooled strawberries and non-hydrocooled strawberries, both stored for 10 days in a BOD chamber at  $4 \pm 1$  °C. Every five days, samples were taken for physical, physicochemical, and visual analyses. It was found that hydrocooling did not affect the analyzed physical and physicochemical parameters, but it helped maintain fruit firmness.

**Keywords:** Precooling, Refrigeration, Treatment, Storage.

#### INTRODUÇÃO

O morangueiro (*Fragaria x ananassa*) é resultado da hibridação entre as espécies americanas *Fragaria chiloensis* Mill. e *Fragaria virginiana* Duch., ocorrida na França por volta de 1750 (VAUGHAN; GEISSLER, 1995). As cultivares silvestres têm origem em regiões de clima tropical e subtropical, como a Europa e as montanhas andinas, e mesmo com os avanços no melhoramento genético, os híbridos ainda requerem condições específicas de cultivo e clima (ALMEIDA, 2016).

O cultivo do morango é de grande importância socioeconômica no Brasil, por ser uma atividade agrícola intensiva em mão de obra e dependente de tecnologias ao longo de toda a cadeia produtiva (COSTA *et al.*, 2006). Apesar de o país não figurar entre os maiores produtores mundiais (OLIVEIRA; SCIVITTARO, 2009), estados como Minas Gerais, Paraná, Rio Grande do Sul e São Paulo concentram a maior parte da produção nacional (MADAIL, 2016). O morango é amplamente consumido, tanto *in natura* quanto na forma processada, sendo utilizado na fabricação de geleias, sorvetes e bolos (XU *et al.*, 2014).

Entretanto, a elevada perecibilidade do morango representa um grande desafio para sua comercialização e distribuição. Trata-se de um pseudofruto não climatérico, com alta atividade de água, metabolismo acelerado e suscetível à ação de microrganismos, o que resulta em rápida deterioração após a colheita (GIVEN *et al.*, 1988; ALMENAR *et al.*, 2009; JIANG *et al.*, 2001).

As principais alterações pós-colheita incluem escurecimento, perda de firmeza, alterações na palatabilidade e apodrecimento causado por fungos (YANG *et al.*, 2010).

Nesse contexto, o uso de tecnologias de conservação pós-colheita é essencial para prolongar a vida útil e preservar a qualidade do morango. Entre essas tecnologias, destaca-se o resfriamento rápido, que tem como objetivo reduzir rapidamente a temperatura dos frutos logo após a colheita, minimizando as perdas fisiológicas e microbiológicas (CANTILLANO, 2016; TERUEL, 2008).

Dentre os diferentes métodos de resfriamento rápido, o hidrorresfriamento apresenta vantagens significativas, como maior eficiência na remoção de calor, menor tempo de resfriamento e possibilidade de incorporação de sanitizantes durante o processo (LIANG *et al.*, 2013; ALLAIS *et al.*, 2009). Assim, este estudo tem como objetivo avaliar os efeitos do hidrorresfriamento na manutenção da qualidade pós-colheita de morangos ao longo do tempo, mantidos sob refrigeração.

## **FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

O morango é uma infrutescência formada pelo desenvolvimento do receptáculo floral, sendo os verdadeiros frutos os aquênios, pequenos corpos secos comumente confundidos com sementes (SILVA, 2007). Como pseudofruto não climatérico, o morango não continua seu amadurecimento após a colheita, o que exige estratégias imediatas de conservação (GIVEN *et al.*, 1988).

Entre os principais fatores que afetam a qualidade pós-colheita do morango estão a temperatura, a umidade relativa e o manejo sanitário, o rápido metabolismo respiratório da fruta, aliado à alta atividade de água, acelera processos de degradação que se manifestam na perda de coloração, firmeza e sabor, além do desenvolvimento de doenças fúngicas, que comprometem a durabilidade e a comercialização do produto (ALMENAR *et al.*, 2009; JIANG *et al.*, 2001; YANG *et al.*, 2010).

O resfriamento rápido é uma das práticas mais eficientes na preservação da qualidade de frutas e hortaliças, esta técnica visa a remoção acelerada do calor dos produtos recém-colhidos, contribuindo para a redução da atividade metabólica, da produção de etileno e da proliferação de microrganismos (TERUEL, 2008; KALBASI-ASHTARI, 2004). Entre os métodos mais utilizados estão: ar forçado, gelo, resfriamento a vácuo e hidrorresfriamento (FRASER, 1991; MITCHELL, 2002).

A escolha do método ideal deve considerar fatores como perecibilidade do fruto, resistência a baixas temperaturas, tempo disponível para resfriamento, temperatura inicial do

produto e custo-benefício (TERUEL *et al.*, 2008).

A eficiência dos sistemas de resfriamento é analisado pelo tempo de resfriamento (TERUEL *et al.*, 2008) que pode ser determinado calculando a Taxa Adimensional de Temperatura (TAT):

$$TAT = \frac{T_p - T_a}{T_i - T_a}$$

Sendo que  $T_p$  é a temperatura do fruto durante o resfriamento,  $T_i$  é a temperatura medida no fruto antes do resfriamento e  $T_a$  é a temperatura usada no meio de resfriamento (TERUEL *et al.*, 2004). Quando o resultado dessa relação for igual a 1/2 significa que foi atingido o tempo de meio resfriamento da diferença entre a temperatura inicial do produto e a temperatura do fluido usado no resfriamento, quando for igual a 7/8 foi atingido o tempo de sete oitavos de resfriamento, sendo este utilizado como um parâmetro para representar a temperatura recomendada para o armazenamento (TERUEL *et al.*, 2008).

Onde  $T_p$  representa a temperatura do fruto durante o resfriamento,  $T_i$  é a temperatura inicial e  $T_a$  é a temperatura do meio de resfriamento (TERUEL *et al.*, 2004). Quando a TAT atinge o valor de 1/2, considera-se o tempo de meio resfriamento; ao atingir 7/8, estabelece-se o tempo necessário para que o produto alcance a temperatura ideal de armazenamento (TERUEL *et al.*, 2008).

Estudos comparativos demonstram que o hidrorresfriamento, método baseado na imersão ou aspersão de água gelada, é mais eficiente que outras técnicas. Por exemplo, em experimentos com pêssegos, o resfriamento com água gelada reduziu a temperatura a 1°C em apenas 1 hora e 24 minutos, enquanto o uso de ar forçado levou 2,75 horas, e o resfriamento convencional, cerca de 12 horas (BRACKMANN *et al.*, 2009).

A alta condutividade térmica da água permite que o hidrorresfriamento resfrie uniformemente os frutos em curto intervalo de tempo (LIANG *et al.*, 2013), reduzindo o amadurecimento e a perda de qualidade por transpiração. Além disso, a técnica possibilita a adição de sanitizantes, o que contribui para o controle microbiológico e prolongamento da vida útil (ALLAIS *et al.*, 2009; BROSNAN; SUN, 2001; MITCHELL, 2002). Contudo, o uso contínuo da água sem tratamento adequado pode favorecer contaminações, razão pela qual recomenda-se a higienização eficaz do sistema e o controle do reaproveitamento (ALLAIS *et al.*, 2009).

Jacomino *et al.* (2011) relataram que morangos hidrorresfriados a 1–2°C e armazenados a 1°C por sete dias, a 5°C por mais sete dias e, posteriormente, a 20°C por dois dias mantiveram-se em boas condições por até 16 dias. O tempo reduzido de resfriamento, o menor risco de perda

de massa por transpiração e a possibilidade de incorporar agentes sanitizantes tornam o hidrorresfriamento uma alternativa promissora para a cadeia produtiva do morango.

## **METODOLOGIA**

Os experimentos foram realizados no Laboratório de Frutas e Hortaliças da Universidade Federal de Sergipe (UFS), localizado no Campus de São Cristóvão, em São Cristóvão-SE. Os morangos utilizados, em estágio de maturação comercial (totalmente maduros), foram adquiridos no Centro Estadual de Abastecimento (CEASA). Após a aquisição, os frutos foram transportados cuidadosamente até o laboratório, onde passaram por uma triagem para seleção e classificação com base em critérios de maturidade, tamanho uniforme, ausência de danos físicos e sinais de contaminação, antes de serem submetidos aos tratamentos.

## **DETERMINAÇÃO DOS TEMPOS E CURVAS DE RESFRIAMENTO**

O processo de hidrorresfriamento foi realizado por imersão dos pseudofrutos em água gelada a diferentes temperaturas: 1°C, 4°C, 8°C e 10°C, utilizando banho-maria termostatizado (Julabo F34) para manutenção da temperatura constante. A temperatura interna dos frutos foi monitorada com termopares tipo K equipados com quatro sondas térmicas, inseridas longitudinalmente na polpa de cada fruto. As leituras foram registradas a cada minuto.

As temperaturas iniciais da polpa antes do resfriamento foram: 20°C para o tratamento a 1°C, 21,5°C para 4°C, 24,38°C para 8°C e 28,1°C para 10°C. Com base nessas informações, foram calculados os tempos adimensionais de meio resfriamento ( $Z_{1/2}$ ) e sete oitavos de resfriamento ( $Z_{7/8}$ ), conforme a metodologia descrita por Teruel *et al.* (2004) e Carnellosi *et al.* (2013). Esses tempos correspondem ao período necessário para que a polpa dos frutos atinja 1/2 ou 7/8 da diferença entre a temperatura inicial e a temperatura do meio de resfriamento.

## **ESTUDO DE ARMAZENAMENTO DE MORANGOS HIDRORESFRIADOS**

Com base nas curvas de resfriamento obtidas, definiu-se o tempo e a temperatura ideais para o hidrorresfriamento. Os frutos selecionados foram divididos em dois tratamentos: morangos hidroresfriados (CH) e não hidroresfriados (SH). O tratamento por hidrorresfriamento foi realizado em tanques contendo aproximadamente 15 L de água clorada, com cloro orgânico na concentração de 200 mg L<sup>-1</sup>, e adição de gelo para manutenção da temperatura a 1°C, conforme protocolo de Ferreira *et al.* (2006). O tempo de imersão foi de 12

minutos.

Após o resfriamento, os frutos foram escorridos, dispostos em bandejas plásticas e recobertos com filme de PVC. Posteriormente, foram armazenados em câmara refrigerada tipo BOD a  $4 \pm 1^\circ\text{C}$ . Os frutos do tratamento controle (sem hidrorresfriamento) foram igualmente acondicionados em bandejas com PVC e mantidos nas mesmas condições. As avaliações de qualidade foram realizadas a cada 5 dias, até o 15º dia de armazenamento.

## ANÁLISES DE QUALIDADE DOS MORANGOS DURANTE O ARMAZENAMENTO

A perda de massa fresca foi determinada por meio da pesagem das bandejas em balança digital (TECNAL), sendo registrada no início do experimento e a cada cinco dias, e expressa como o percentual de perda em relação à massa inicial. A coloração dos frutos foi avaliada com o auxílio de um colorímetro CR-400 (Minolta Sensing Inc., Japão), obtendo-se os parâmetros  $L^*$  (luminosidade),  $C^*$  (cromaticidade),  $h^\circ$  (ângulo Hue) e  $a^*$  (intensidade do vermelho).

O frescor visual dos frutos foi avaliado com base na metodologia descrita por Jacomino *et al.* (2011), por meio de uma escala hedônica variando de 9 a 1, onde: 9 corresponde à aparência **excelente**, com aspecto completamente fresco e alto brilho; 7 representa uma aparência **boa**, ainda fresca e brilhante; 5 indica uma condição **razoável**, com aparência não fresca, brilho baixo, sendo o limite de comercialização; 3 indica uma aparência **ruim**, sem brilho, no limite da usabilidade; e 1 caracteriza uma condição **extremamente ruim**, com aparência murcha. A média dos escores atribuídos às amostras foi utilizada como indicador da percepção visual de qualidade. Além disso, foi registrado o percentual de frutos que apresentaram sinais visíveis de contaminação por microrganismos, apodrecimento ou danos pós-colheita.

A firmeza da polpa foi medida utilizando-se um penetrômetro digital de bancada (53205TR, Fruit Pressure Tester, Itália), com sonda de 3 mm de diâmetro. Cada fruto foi analisado na região equatorial, sendo registradas duas medições por unidade, expressas em Newtons (N). Os teores de sólidos solúveis (SS) foram determinados com um refratômetro digital modelo HI 96801 (Hanna Instruments, Romênia), conforme o método oficial AOAC 932.12 (1997). A acidez titulável (AT) foi obtida a partir da titulação de 5 g de suco diluído em 50 mL de água destilada com solução de NaOH 0,1 N, sendo os resultados expressos em percentual de ácido cítrico. A relação SS/AT, também conhecida como ratio, foi calculada como indicativo do equilíbrio entre doçura e acidez dos frutos, segundo proposta de Pinto *et al.*

(2003).

ao teores de vitamina C foram determinados conforme metodologia adaptada por Carnelossi *et al.* (2002), com base no método da AOAC (39.051), e os resultados foram expressos em  $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$  de ácido ascórbico.

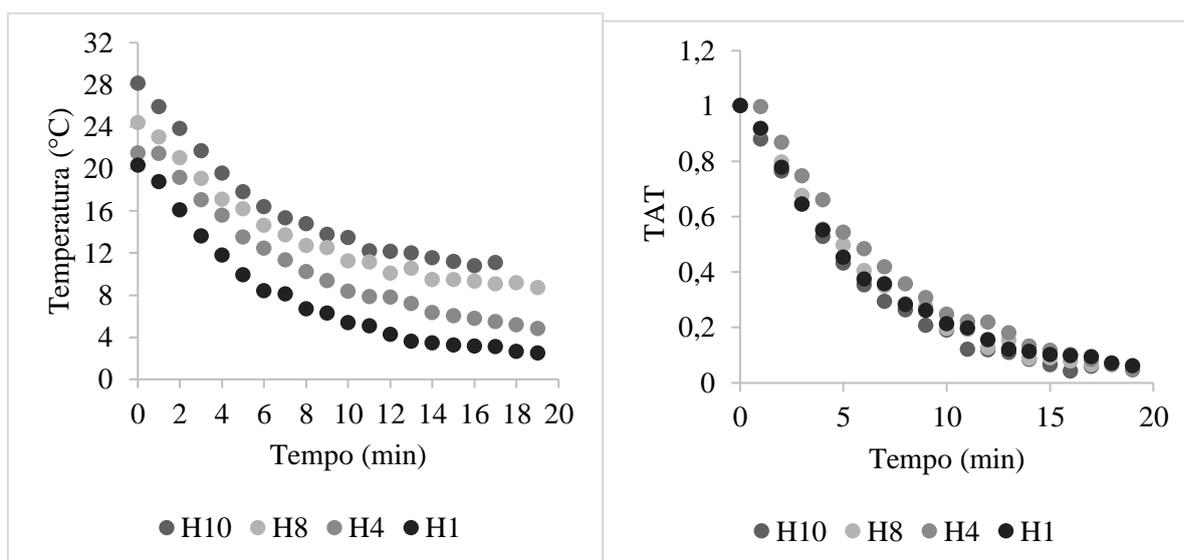
O teor total de antocianinas foi determinado segundo Nunes *et al.* (2006), por meio da extração de 2 g de polpa com 18 mL de solução de ácido clorídrico a 0,5% em metanol (v/v). As amostras foram mantidas a 4°C por uma hora, protegidas da luz, e em seguida filtradas com gaze. A absorbância foi medida a 520 nm para quantificação dos pigmentos.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### DETERMINAÇÃO DOS TEMPOS E CURVAS DE RESFRIAMENTO

O tempo de resfriamento foi diferente para cada temperatura de água, sendo proporcional à estas (Figura 01 e Tabela 02). Verificou-se que a TAT foi menor (Figura 01) e o tempo de 7/8 de resfriamento (Tabela 02) foi atingido mais rápido no resfriamento com água a 10°C.

**Figura 01:** Temperaturas e taxas de resfriamento de morangos durante o hidrorresfriamento. Os dados representam a média de quatro termopares para cada temperatura.



Fonte: Própria (2025).

**Tabela 01:** Valores obtidos de parâmetros de resfriamento para morango a diferentes temperaturas de hidrorresfriamento

| Tratamento | Temperatura inicial (°C) | TAT (Z <sub>1/2</sub> ) (min) | TAT (Z <sub>7/8</sub> ) (min) | Temperatura (T° <sub>1/2</sub> ) | Temperatura (T° <sub>7/8</sub> ) | Equação de regressão    | R <sup>2</sup> |
|------------|--------------------------|-------------------------------|-------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|-------------------------|----------------|
| 10°C       | 28,1                     | 4,03                          | 10,94                         | 19,50                            | 12,26                            | $y = 1,078e^{-0,185x}$  | 0,9952         |
| 8°C        | 24,38                    | 4,19                          | 12                            | 16,19                            | 10,05                            | $y = 1,0793e^{-0,165x}$ | 0,9944         |
| 4°C        | 21,5                     | 5,71                          | 14,41                         | 12,75                            | 6,19                             | $y = 1,2079e^{-0,158x}$ | 0,9851         |
| 1,3°C      | 20,3                     | 4,52                          | 12,83                         | 10,80                            | 3,68                             | $y = 0,9835e^{-0,149x}$ | 0,996          |

Fonte: Própria (2025)

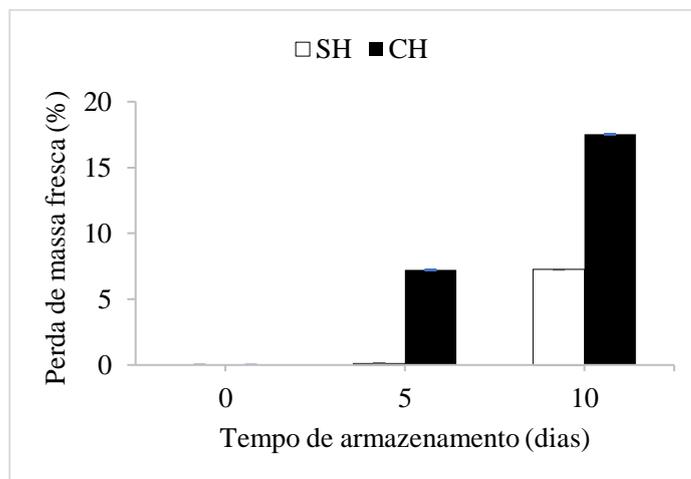
É recomendado que para a qualidade máxima dos morangos, esses devem ser resfriados para perto de 1°C dentro de 1 hora após a colheita (TALBOT e CHAU, 1991). Dessa forma pode se observar que o hidrorresfriamento foi eficiente em diminuir a temperatura dos frutos rapidamente (Figura 01 e Tabela 01) o que pode então proporcionar melhor condição de armazenamento. Assim, para morango, apesar dos resultados do presente trabalho indicaram que a temperatura de 10°C é eficiente, recomenda-se o hidrorresfriamento a 1°C de forma a manter a qualidade do morango como verificado por JACOMINO *et al.* (2011) em que morangos hidroresfriados a 1-2°C e armazenados a 1°C por 7 dias, 5°C por 7 dias e 20°C por dois dias, mantiveram-se sem deterioração por aproximadamente 16 dias.

## INFLUÊNCIA DO HIDRORRESFRIAMENTO NA MANUTENÇÃO DA QUALIDADE DE MORANGOS AO LONGO DO ARMAZENAMENTO

### Perda de massa fresca

Os frutos hidroresfriados e embalados perderam massa de forma mais rápida do que as com pseudofrutos não hidroresfriados (Figura 02). Ferreira *et. al.*, (2006) por exemplo observou que morangos hidroresfriados tendem a perder menos massa comparado aos não hidroresfriados, diferente do que foi observado no presente trabalho, isso pode ter ocorrido devido condições de umidade relativa do ambiente de armazenado que não foram controladas ou mesmo pelas condições de armazenamento dos morangos após a colheita.

**Figura 02:** Perda de massa fresca (%) de morangos hidroresfriados e não hidroresfriados, armazenados por 10 dias a  $4\pm 1^\circ\text{C}$ . As barras verticais indicam o erro padrão das médias (n=4).

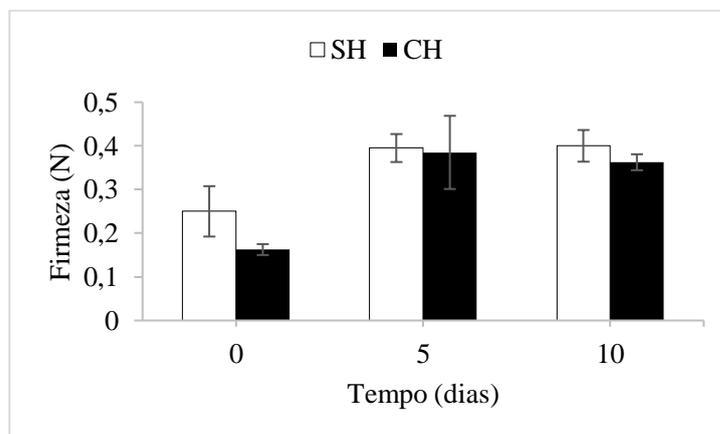


Fonte: Própria (2025)

### Firmeza

Observou-se que os morangos submetidos ao hidroresfriamento apresentaram maior firmeza em comparação àqueles que não passaram por esse processo (Figura 03), embora essa diferença não tenha sido estatisticamente significativa. Segundo Jacomino et al. (2011), o hidroresfriamento, por ser um método rápido de resfriamento e que reduz a perda de água, tende a preservar a firmeza dos pseudofrutos antes do armazenamento.. Conforme relatado por Malgarim et al. (2006), a desidratação durante o armazenamento pode levar a um aumento na firmeza da polpa dos morangos, em razão da perda de elasticidade da parede celular, o que possivelmente ocorreu com os frutos analisados neste trabalho.

**Figura 03:** Média dos valores de firmeza de morangos hidroresfriados e não hidroresfriados, armazenados por 10 dias a  $4\pm 1^\circ\text{C}$ . As barras verticais indicam o erro padrão das médias (n=4).

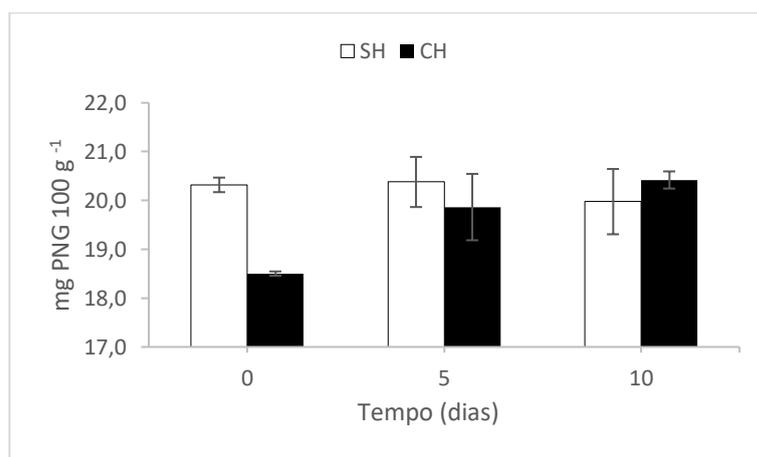


Fonte: Própria (2025)

## Teor de antocianina

O teor de antocianina se manteve ao longo do armazenamento (Figura 04). Também não foi verificada diferenças significativas entre os tratamentos, indicando uma manutenção da coloração dos morangos durante o armazenamento. Esse aumento nos teores de antocianina pode estar relacionado a perda de massa (Figura 02) a qual com o tempo concentra os pigmentos. Diferente dos resultados observados por Flores-Cantillano *et al.* (2008) e Jacomino *et al.*, (2011) que verificaram quedas nos teores de antocianinas ao longo do período de armazenamento indicando avanço no processo de senescência dos frutos, ao contrário do que foi verificado no presente trabalho.

**Figura 04:** Efeito dos tratamentos sobre o teor de antocianinas totais em morangos hidrosfriados e não hidrosfriados, armazenados por 10 dias a  $4 \pm 1^\circ\text{C}$ . As barras verticais indicam o erro padrão das médias ( $n=4$ ).



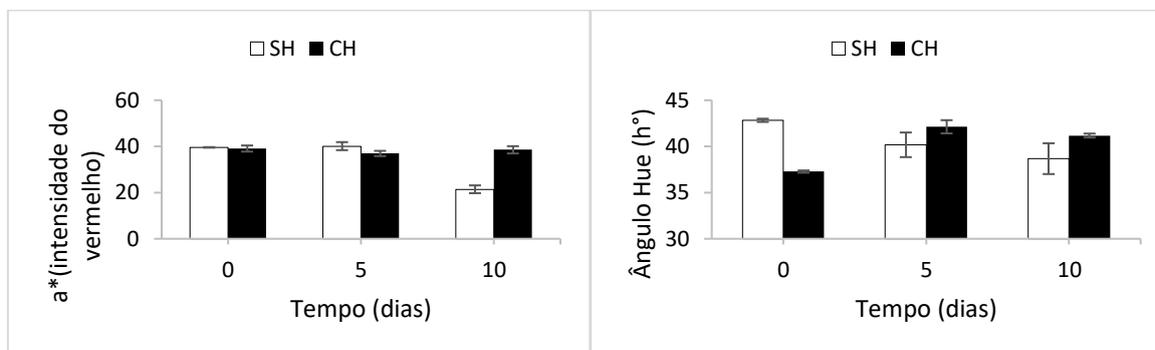
Fonte: Própria (2025)

## Atributos de cor

Não foi verificada diferença estatística na cor dos morangos nos diferentes tratamentos ao longo do armazenamento (Figura 05), verificou-se diferença apenas entre os tratamentos no tempo 0 (Figura 05). O ângulo hue apresentou uma diminuição comprando o tempo 0 de armazenamento e o tempo 15 de armazenamento (Figura 05). Jacominio *et al.*, (2011) observou que os morangos apresentam-se mais intensamente vermelhos no final do armazenamento indicando avanço no processo e amadurecimento, o que não foi verificado no presente trabalho. A cor vermelha do morango está diretamente relacionado com a presença de antocianina no fruto (Aaby *et al.*, 2005). Alguns autores como Gil *et al.*, (1997) e Holcoroft *et al.*, (1999), também relacionam o aumento da cor vermelha com o teor de antocianina. Dessa forma, assim

como o teor de antocianina se manteve constante (Figura 04), a cor da epiderme do morango apresentou o mesmo comportamento (Figura 05).

**Figura 05:** Alterações na cor da epiderme em morangos hidroresfriados e não hidroresfriados, armazenados por 10 dias a  $4\pm 1^\circ\text{C}$ . As barras verticais indicam o erro padrão das médias ( $n=4$ ).



Fonte: Própria (2025)

### Efeito sobre a caracterização físico-química e vitamina C

Verificou-se que em nenhum dos tratamentos aplicados os frutos alteraram o pH, Acidez Total Titulável, teores de Sólidos Solúveis Totais e Ratio (Tabela 02). O teor de SST aumentou ao longo do tempo encontrando diferença significativa apenas entre o tempo 0 e 10. Esses resultados podem estar ligados ao efeito da desidratação (Ferreira *et al.*, 2006) observada nos frutos (Figura 02).

**Tabela 02:** Mudanças na concentração de ácido ascórbico (AA), sólidos solúveis (SST), acidez total titulável (ATT) e relação SST/ATT (RATIO) de morangos hidroresfriados e não hidroresfriados, armazenados por 10 dias a  $4\pm 1^\circ\text{C}$ .

| Parâmetros               | Trat | Tempo de armazenamento (dias) |          |         |
|--------------------------|------|-------------------------------|----------|---------|
|                          |      | 0                             | 5        | 10      |
| ATT<br>(% ácido cítrico) | SH   | 1,14 aA                       | 0,79 bA  | 0,89 bA |
|                          | CH   | 1,24 aA                       | 0,77 bA  | 0,90 bA |
| pH                       | SH   | 4,01 aA                       | 3,84 bA  | 3,86 bA |
|                          | CH   | 3,98 aA                       | 3,89 bA  | 3,85 bA |
| SST<br>(°Brix)           | SH   | 6,90 bA                       | 7,33 abA | 7,75 aA |
|                          | CH   | 6,55 bA                       | 7,00 abA | 8,08 aA |
| RATIO                    | SH   | 5,95 bA                       | 9,32 aA  | 8,90 aA |

|                             |    |         |         |          |
|-----------------------------|----|---------|---------|----------|
| (SST/ATT)                   | CH | 5,33 bA | 9,23 aA | 9,09 aA  |
| AA                          | SH | 0,58 bB | 0,90 aA | 0,77 abA |
| (mg de AA.g <sup>-1</sup> ) | CH | 0,95 aA | 0,66 bB | 0,64 bA  |

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

A ATT dos frutos diminuiu ao longo do tempo, e não foram verificadas diferença estatística significativa entre os tratamentos, da mesma forma que observado por Jacomino *et al.*, (2011). Apenas foi verificada diferença estatística ao longo do armazenamento, entre os tempos 0 e 5 (Tabela 02). As mudanças na quantidade de Sólidos Solúveis Totais e na de ácidos orgânicos, durante o armazenamento de frutas não-climatéricas são mínimas (Lavee e Nir, 1986), também visto nas análises realizadas. O pH dos frutos nos diferentes tratamentos também não apresentou alterações ao longo do tempo de armazenamento (Tabela 02). No entanto, verificou-se um aumento no final do período de armazenamento o qual pode estar relacionado com a alta contaminação dos morangos no decorrer do armazenamento (Tabela 03). Verificou-se que o teor de Vitamina C diminuiu significativamente com o tempo de armazenamento independente do tratamento, (Tabela 02), resultados semelhantes foram verificados por Calegari *et al.* (2002) e Wills *et al.* (2000), em que os pseudofrutos, tiveram diminuição significativa de Ácido Ascórbico como um resultado do processo de senescência dos frutos.

### **Análise de qualidade visual**

Após cinco dias de armazenamento foi verificado um o aumento de danos por frio nos frutos em ambos os tratamentos (Tabela 03), esses danos aumentaram consideravelmente após 10 dias e as diferenças entre os tratamentos foram mínimas (Tabela 03). Verificou-se contaminação significativa nos morangos que não foram hidrosfriados quando comparados com hidrosfriado, indicando que o uso de cloro orgânico no hidrosfriamento, ajuda no controle da contaminação, mas que o mesmo não tem efeito duradouro, uma vez que aos 10 dias de armazenamento verificou-se contaminação em todo os tratamentos. Isso pode ter ocorrido devido a uma alta contaminação existente nos morangos antes de serem sanitizados. A perda de água, o escurecimento da epiderme, a contaminação e os danos foram fatores que contribuíram para a perda de frescor ao longo do armazenamento. Conseqüentemente os

pseudofrutos que pertenciam aos hidroresfriados, mesmo que sem diferença significativa de danos e contaminação e considerando que inicialmente não estavam com aparência excelente, apresentaram maior qualidade visual em comparação aos que não passaram pelo resfriamento rápido (Tabela 4).

**Tabela 03:** Avaliação da qualidade visual de morangos. Escala em notas para análise de **frescor** (empírico): 9-Excelente: Aparência completamente fresca, alto brilho; 7- Bom: ainda fresca, ainda brilhante. 5-Razoável: aparência não fresca, brilho baixo, limite de comercialização. 3-Ruim: sem brilho, limite da usabilidade. 1-Extremamente ruim: aparência murcha. **Contaminação:** média de porcentagem de morangos com contaminação visível por repetição. **Danos:** média de porcentagem de morangos danificados por repetição.

| Qualidade             | Tempo de armazenamento (dias) |      |          |          |
|-----------------------|-------------------------------|------|----------|----------|
|                       | Trat                          | 0    | 5        | 10       |
| Classificação Frescor | SH                            | 7 aB | 4,50 bB  | 2,00 cB  |
| (9-1)                 | CH                            | 7 aA | 5,50 bA  | 3,00 cA  |
| Danos                 | SH                            | 0 cA | 36,16 bA | 90,87 aA |
| (%)                   | CH                            | 0 cA | 32,34 bA | 84,38 aA |
| Contaminação          | SH                            | 0 bA | 0,00 bA  | 96,43 aA |
| (%)                   | CH                            | 0 bA | 2,78 bA  | 56,55 aB |

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

## CONCLUSÕES

O hidrorresfriamento afetou as propriedades físico-químicas do morango nas condições estudadas, no entanto, manteve a firmeza, a coloração com o também os teores de sólidos solúveis, e antocianinas. A utilização de hidrorresfriamento associado ao uso de cloro foi eficiente no controle da contaminação dos morangos.

## REFERÊNCIAS

- AABY, K., G. SKREDE, AND R.E. WROLSTAD. Phenolic composition and antioxidant activities in flesh and achenes of strawberries (*Fragaria ananassa*). *J. Agr. Food Chem.* 53:4032–4040. 2005.
- ALLAIS, I., LÉTANG, G. Influence of mist-chilling on post-harvest quality of fresh strawberries Cv. Mara des Bois and Gariguette. *International journal of refrigeration*. v. 32, n. 6, p. 1495-1504, 2009.
- ALMEIDA, I. R. Clima. In: ANTUNES, L. E. C. *et al.* **Morangueiro**. Brasília: Embrapa, 2016. p. 127-132.

- ALMENAR, E.; CATALA, R.; HERNANDEZ-MUNOZ, P.; GAVARA, R. Optimization of an active package for wild strawberries based on the release of 2-nonanone. **LWT Food Science Technology**. v. 42, p. 587–593. 2009.
- BRACKMANN, A.; WEBER, A.; HETTWER, G. EISERMANN, A. C. Pre-cooling on 'Chiripá' peaches quality. **Ciência Rural**, v. 39, n. 8, p. 2354-2360, 2009.
- BROSNAN, T.; SUN, D. W. Precooling techniques and applications for horticultural products - a review. **International Journal of Refrigeration**, Oxford, v.24, n. 2, p.154- 170, 2001.
- CALEGARO, J.M.; PEZZI, E.; BENDER, R.J. Utilização de atmosfera modificada na conservação de morangos em pós-colheita. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n. 8, p. 1-6, 2002.
- CANTILLANO, R. F. F. **Manuseio pós-colheita**. In: ANTUNES, L. E. C.; JÚNIOR, C. R.; SCHWENGBER, J. E. *Morangueiro*. Brasília, DF: Embrapa, 2016, p. 509-533.
- CARNELOSSI, M. A. G.; SARGENT, S. A.; BERRY, A. D. Influence of Clamshell Position on strawberry Fruit Cooling Rate Using Forced-air Colling. **Florida State Horticultural Society**. Flórida, v. 126, p. 196-199, 2013.
- CARNELOSSI, M.A.G.; SILVA, E.O.; CAMPOS, R.S.; SOARES, N.F.F.; MINIM, V.P.R.; PUSCHMANN, R. Conservação de folhas de couve minimamente processadas. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. 4, n. 2, p. 149-155, 2002.
- COSTA, A. N., TEIXEIRA, C. P. Tecnologias para produção, colheita e pós-colheita de Morangueiro. *Incaper*, Vitória, v. 2004, p. 07-10, 2006.
- FERREIRA, M.D.; BRECHT, J.K.; SARGENT, S.A.; CHANDLER, C.K. Hydrocooling as an Alternative to Forced-air Cooling for Maintaining Fresh-market Strawberry Quality. **HortTechnology**, v. 6, n. 4, p. 659-666, 2006.
- FLORES-CANTILLANO, RF; CASTAÑEDA, LMF.; TREPTOW, RO; SCHUNEMANN, APP. 2008. Qualidade físico-química e sensorial de cultivares de morango durante o armazenamento refrigerado. **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado. 18p.
- FRASER, H. W. **Forced-air rapid cooling of fresh Ontario fruits and vegetables**. Toronto: Ministry of Agriculture and Food. AGDEX 202-736. 4p, 1991.
- Gil, M.I., D. M. Holcroft, and A. A. Kader. Changes in strawberry anthocyanins and other polyphenols in response to carbon dioxide treatments. *J. Agric. Food Chem.* v. 45, n. 5, p. 1662–1667, 1997.
- GIVEN, N.K.; VENIS, M.A.; GRIERSON, D. Hormonal regulation of ripening in strawberry, a non-climateric fruit. **Planta**, New York, v.174, p.402-406, 1988.
- HOLCROFT, D.M. and A.A. KADER. Carbon dioxide-induced changes in color and anthocyanin synthesis of stored strawberry fruit. **HortScience**, v. 34, n. 7, p. 1244–1248, 1999.
- JACOMINO, A. P. SARGENT, S. A.; BERRY, A. D.; BRECHT, J. K. Potential for Grading, Sanitizing, and Hydrocooling Fresh Strawberries. **Florida State Horticultural Society**. Flórida, v. 124, p. 221–226, 2011.
- JIANG, Y.; JOYCE, D. C.; TERRY, L. A. 1-Methylcyclopropene treatment affects strawberry fruit decay. **Postharvest Biology Technology**. v.23, p.227–232. 2001.

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

LEÃO, D. S. S. *et al.* Teor de licopeno e de sólidos solúveis totais em oito cultivares de melancia. *Biosci. J.*, Uberlândia, v. 22, n. 3, p. 7-15, 2006.

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

MADAIL, J. C. M. **Panorama econômico**. In: ANTUNES, L. E. C. *et al.* Morangueiro. Brasília: Embrapa, p. 17-33, 2016.

MALGARIM, M. B.; FLORES-CANTILLANO, R. F.; COUTINHO, E. F. Sistemas e condições de colheita e armazenamento na qualidade de morangos cv. Camarosa. *Revista Brasileira de Fruticultura*, Jaboticabal, v. 28, p. 185-189, 2006.

MARTÍNEZ-JÁVEGA, J.M., CUQUERELLA, J.M.; DEL RIO, M. A. *et al.* Effects of precooling, packaging film, modified atmosphere and ethylene absorber on the quality of refrigerated Chandler and Douglas strawberries. *Food Chemistry*, EUA, v.48, p.183-193, 1993.

MITCHAM, E.J.; F.G. MITCHELL. 2002. Postharvest handling systems: Small fruits. II. Strawberries and cane berries, p. 364–370. In: A.A. Kader (ed.). **Post harvest technology of horticultural crops**. Publ. 3311. Univ. Calif., Div. Agr. Natural Resources, Berkeley.

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, p. 295, 2002.

MITCHELL, F.G.; E.J. MITCHAM, J.F.; THOMP SON.; N. WELCH. Handling strawberries for fresh market. 1964.

NUNES, M. C. N.; BRECHT, J. K.; MORAIS, A. M.; SARGENT, S. A. Physicochemical changes during strawberry development in the field compared with those that occur in harvested fruit during storage. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, v. 86, n. 2, p. 180–190, 2006.

OLIVEIRA R P; SCIVITTARO W B. Produção de frutos de morango em função de diferentes períodos de vernalização das mudas. *Horticultura Brasileira*, v. 27, p. 91-95, 2009.

PINTO, W. da S.; DANTAS, A.C.V.L.; FONSECA, A.A.O.; LEDO, C.A. da S.L.; JESUS, S.C. de; CALAFRANGE, P.L.P.; ANDRADE, E.M. Caracterização física, físico-química de frutos de genótipos de cajazeira. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.38, n.9, p.1.059-1.066, 2003.

SILVA, A. F.; DIAS, M. S. C.; MARO, L. A. C. Botânica e fisiologia do morangueiro. *Informe Agropecuário*, v. 28, n. 236, p. 7-13, 2007.

TALBOT, M.T.; K.V. CHAU. **Pre cooling strawberries**. Fla. Coop. Ext. Serv. Circ. CIR942. 1991.

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

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

THOMPSON, J.F.; MITCHELL, F.G.; RUMSEY, T.R.; KASMIRE, R.F.; CRISOSTO, C.H. Commercial cooling of fruits, vegetables and flowers. Publ. 21567. Univ. Calif., Div. Agr. Natural Resources, Berkeley. 2002.

VAUGHAN, J. G.; GEISSLER, C. A. **The new Oxford book of food plants**. New York: Oxford University, p. 237, 1997.

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

WILLS, R.B.H.; KU, V.V.V.; LESHEM, Y.Y. Fumigation with nitric oxide to extend the postharvest life of strawberries. **Postharvest Biology and Technology**, , v. 18, p. 75-79, 2000.

XU, F.; SHI, L.; CHEN, W.; CAO, S.; SU, X.; YANG, Z. Effect of blue light treatment on fruit quality, antioxidant enzymes and radical-scavenging activity in strawberry fruit. **Scientia Horticulturae**, v.175, n.1, p.181–186, 2014.

YANG, F. M.; LI, H. M.; LI, F.; XIN, Z. H.; ZHAO, L. Y.; ZHENG, Y. H.; HU, Q. H. Effect of nano-packing on preservation quality of fresh strawberry (*Fragaria ananassa*, Duch. cv Fengxiang) during storage at 4 °C. **Journal of Food Science**. v. 75, p. 236–240. 2010.