

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
FACULDADE DE AGRONOMIA  
CURSO DE AGRONOMIA  
AGR99006 - DEFESA DE TRABALHO DE CONCLUSÃO**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

**Thiara Ramirez Rodrigues**

**00228758**

*“Uso da radiação ultravioleta como tratamento de pós-colheita em morangos  
minimamente processados”*

PORTO ALEGRE, Setembro de 2018.

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL**  
**FACULDADE DE AGRONOMIA**  
**CURSO DE AGRONOMIA**

**Uso da radiação ultravioleta como tratamento de pós-colheita em morangos  
minimamente processados**

**Thiara Ramirez Rodrigues**  
**00228758**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como  
requisito para obtenção do Grau de Engenheiro  
Agrônomo, Faculdade de Agronomia, Universidade  
Federal do Rio Grande do Sul.

Supervisor do Estágio: Eng.º Agr.º Dr. Ariel Vicente

Orientador Acadêmico do Estágio: Eng.º Agr.º Dr. Renar João Bender

**COMISSÃO DE AVALIAÇÃO**

Prof.<sup>a</sup> Lucia Brandão Franke ..... Depto. de Plantas Forrageiras  
e Agrometeorologia (Coordenadora)

Prof.<sup>a</sup> Magnólia A. Silva da Silva ..... Depto. de Horticultura e Silvicultura

Prof.<sup>a</sup> Carla Andrea Delatorre ..... Depto. de Plantas de Lavoura

Prof.<sup>a</sup> Catarine Markus ..... Depto. de Plantas de Lavoura

Prof. José Antonio Matinelli ..... Depto. de Fitossanidade

Prof. Pedro Alberto Selbach ..... Depto. de Solos

Prof. Alberto Vasconcellos Inda Junior ..... Depto. de Solos

Prof. Alexandre de Mello Kessler ..... Depto. de Zootecnia

PORTO ALEGRE, Setembro de 2018.

## AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar agradeço ao meu pai, o homem que me criou sozinho e me ensinou a ser essa pessoa que sou hoje em dia, devo tudo a ele, que mesmo não estando mais presente entre nós, me deu forças para continuar e terminar essa fase da minha vida nos momentos mais difíceis, é a pessoa que eu mais me orgulho nessa vida e dedico a ele esses 5 anos de estudos na UFRGS.

A meu namorado Lucas Basso e sua família por todo apoio, carinho, parceria e companhia nesses últimos 19 meses.

A Leidy Carolina por ter me ajudado em todas as atividades realizadas durante o estágio, a sua preocupação e disposição em tirar minhas dúvidas mesmo estando em países diferentes, sempre foi muito atenciosa e prestativa em todos os momentos que necessitei.

A toda equipe do CIDCA que me recebeu de braços abertos, em especial o pessoal do Laboratório de Vegetais.

A Prof. <sup>a</sup> Simone Jahnke pela amizade e confiança, me dando oportunidade de voltar a ser sua bolsista em um momento em que eu precisava muito.

A meu orientador da UFRGS, o Prof. Bender, por toda ajuda em relação ao estágio e TCC.

A meu orientador do estágio, o Prof. Ariel Vicente, pela sua recepção e disposição durante toda minha estadia na Argentina.

A minha mãe, que mesmo longe está muito feliz por saber que logo terei mais tempo para estar com ela!

A minha irmã Elvira e familiares de Goiânia por existirem na minha vida.

A todos meus amigos que me acompanharam durante esses 5 anos na Agronomia, pela companhia, pela força e apoio. Adoro todos vocês!

## RESUMO

As atividades foram realizadas no Centro de Investigación y Desarrollo en Criotecnología de Alimentos - CIDCA, localizado na cidade de La Plata, Buenos Aires - Argentina, no período de setembro a dezembro de 2017, cumprindo uma carga horária de 300 horas. O objetivo deste trabalho foi avaliar a influência da radiação ultravioleta (UV-C) em morangos minimamente processados, sendo os frutos submetidos a dois tipos de cortes: ao meio e um quarto. Foi utilizando uma dose de 4 kJ m<sup>2</sup> e posteriormente foram avaliadas características físico-químicas, sensoriais e microbiológicas dos morangos controle e dos morangos que receberam a radiação, nos dois tipos de corte. Com os resultados obtidos é possível observar que a radiação UV-C reduz o desenvolvimento dos principais fungos prejudiciais ao morango na pós-colheita, aumentando a qualidade e o tempo de vida de prateleira do fruto. Neste período, foi obtido conhecimentos mais aprimorados relacionados a diferentes reações que podem ocorrer nos frutos em função da radiação UV-C, além de conhecimentos laboratoriais fundamentais para desenvolver atividades na área de pesquisa científica.

## LISTA DE TABELAS

	<b>Página</b>
<b>1. Médias dos diferentes parâmetros da determinação da cor interna e externa dos morangos do controle e tratamento <math>\frac{1}{2}</math> e <math>\frac{1}{4}</math> nos dias 0, 4 e 7 de armazenamento .....</b>	<b>25</b>
<b>2. Variação do <math>\Delta E</math> dos frutos após 4 e 7 dias de armazenamento .....</b>	<b>26</b>

## LISTA DE FIGURAS

	<b>Página</b>
1. Índice de deterioração em morangos cortados a) ao meio e b) ao quarto em diferentes doses e intensidades nos dias 0, 4 e 7 de armazenamento .....	20
2. Exsudato do controle e tratamento $\frac{1}{2}$ e $\frac{1}{4}$ nos dias 1, 4 e 7 de armazenamento .....	21
3. Perda de peso do controle e tratamento $\frac{1}{2}$ e $\frac{1}{4}$ nos dias 1, 4 e 7 de armazenamento .....	22
4. Acidez do controle e tratamento $\frac{1}{2}$ e $\frac{1}{4}$ nos dias 0, 4 e 7 de armazenamento .....	23
5. Sólidos solúveis do controle e tratamento $\frac{1}{2}$ e $\frac{1}{4}$ nos dias 0, 4 e 7 de armazenamento .....	23
6. pH do controle e tratamento $\frac{1}{2}$ e $\frac{1}{4}$ nos dias 0, 4 e 7 de armazenamento .....	24
7. Contagem de fungos e leveduras do controle e tratamento $\frac{1}{2}$ e $\frac{1}{4}$ nos dias 0, 4 e 7 de armazenamento .....	27
8. Ensaio sensorial do frescor, aroma, cor e aceitabilidade geral dos morangos controle e tratamento $\frac{1}{2}$ e $\frac{1}{4}$ no dia 7 de armazenamento .....	28
9. Taxa de respiração do controle e tratamento $\frac{1}{2}$ e $\frac{1}{4}$ nos dias 0, 4 e 7 de armazenamento .....	29
10. Controle e tratamento $\frac{1}{2}$ depois de 4 dias de armazenamento .....	30
11. Controle e tratamento $\frac{1}{4}$ depois de 4 dias de armazenamento .....	30
12. Controle e tratamento $\frac{1}{2}$ depois de 7 dias de armazenamento .....	31
13. Controle e tratamento $\frac{1}{4}$ depois de 7 dias de armazenamento .....	31

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	8
<b>2. CARACTERIZAÇÃO DO CIDCA</b> .....	9
<b>3. REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	10
<b>3.1 Produção de morango</b> .....	10
<b>3.2 Pós-colheita</b> .....	11
<b>3.3 Minimamente processados</b> .....	12
<b>3.4 Radiação Ultravioleta</b> .....	12
<b>4. ATIVIDADES REALIZADAS</b> .....	14
<b>4.1 Material vegetal e tratamentos</b> .....	14
<b>4.2 Determinações de qualidade</b> .....	15
<b>4.3 Análise estatística</b> .....	19
<b>5. DISCUSSÃO</b> .....	19
<b>5.1 Tratamentos selecionados - Índice de deterioração</b> .....	19
<b>5.2 Determinações de qualidade</b> .....	21
<b>5.3 Análise microbiológica</b> .....	26
<b>5.4 Ensaio sensorial</b> .....	27
<b>5.5 Respiração</b> .....	28
<b>5.6 Comparação visual</b> .....	29
<b>6. CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	32
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	33
<b>APÊNDICES</b> .....	36

## 1. INTRODUÇÃO

O morango (*Fragaria x ananassa* Duch.) pertence à família das rosáceas, é uma cultura que possui grande importância socioeconômica visto que sua produção é proveniente, principalmente, da agricultura familiar, ou seja, pequenos produtores rurais que geram renda e emprego através do cultivo e comercialização deste fruto. Apesar do crescimento da produção de morangos no Brasil nos últimos anos não refletir no mercado mundial, se busca desenvolver tecnologias que visam obter à qualidade do fruto em relação à resistência de pragas e doenças e a qualidade na pós-colheita, como na armazenagem e conservação do fruto, visto que o morango possui alta perecibilidade (ANTUNES et al., 2016).

O morango é comercializado em diferentes formas, como o fruto fresco, congelado, polpas, geleias, sucos, entre outros, dependendo das exigências do mercado, sendo sua principal demanda na forma do fruto fresco, o que reforça ainda mais as necessidades de boas práticas na pós-colheita (ANTUNES et al., 2016). O fruto também pode ser encontrado na forma de minimamente processado, sendo essa tecnologia empregada em diversos produtos hortícolas em um ritmo cada vez mais acelerado devido a praticidade e conveniência que proporciona ao consumidor. O morango minimamente processado é utilizado principalmente para mistura em salada de frutas e tortas, sendo que a injúria mecânica causada pelo corte pode provocar um comportamento diferente durante o armazenamento quando comparada ao fruto inteiro (ROSEN e KADER, 1989), necessitando de mais estudos sobre a qualidade do fruto nessas condições.

Uma tecnologia que vem sendo estudada é o uso da radiação UV-C, como uma alternativa para minimizar as perdas na pós-colheita, visto que seu efeito germicida diminui o desenvolvimento dos principais fungos da pós-colheita do morango, sendo uma opção que não faz uso de produtos químicos, não gerando resíduos e contribuindo de maneira sustentável ao meio ambiente e a saúde de humanos e animais.

O estágio foi realizado nos laboratórios do Centro de Investigación y Desarrollo en Criotecnología de Alimentos (CIDCA), localizado na cidade de La Plata na província de Buenos Aires, Argentina. As atividades foram iniciadas no dia 04 de setembro de 2017 e finalizadas no dia 01 de dezembro de 2017, cumprindo uma carga horária semanal de aproximadamente 23 horas, totalizando 300 horas.

O Objetivo do estágio foi elaborar um trabalho de pesquisa que envolve o uso da tecnologia da radiação UV-C na pós-colheita da cultura do morango, especificamente na

forma do fruto minimamente processado. Essa tecnologia não é comumente utilizada em morangos, porém, é eficaz e visa prolongar a vida útil de prateleira do morango, mantendo a qualidade e melhorando as características sensoriais deste. Este trabalho também tem como objetivo relatar as atividades realizadas no laboratório e resultados encontrados nas distintas determinações de qualidade do fruto, identificando ou não possíveis modificações influenciadas pelo tratamento.

## **2. CARACTERIZAÇÃO DO CIDCA**

O Centro de Investigación y Desarrollo en Criotecnología de Alimentos (CIDCA) é um órgão que foi criado no dia 10 de fevereiro de 1973 por um convênio entre a Universidad Nacional de La Plata (UNLP), o Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET) e a Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires (CIC). A partir de 03 de dezembro de 1985, ele passou a depender academicamente e administrativamente desses 3 órgãos, que desde 2003 tem como diretora a Dr.<sup>a</sup> Noemí Zaritzky. O centro é constituído por um grande grupo de pesquisadores, discentes e docentes que atuam em diferentes temas de pesquisa e tecnologia, mas que se dedicam principalmente ao processamento e conservação de alimentos. Além disso, também há um grupo realizando pesquisas que envolvem o tratamento de efluentes líquidos, afim de analisar e propor alternativas eficazes para a remoção de contaminantes presentes em águas residuais. O Centro também tem participação em projetos de cooperação científica com países da América Latina, Estados Unidos e diversos países da Europa (FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS - UNLP, 2016). No CIDCA, são realizadas tarefas de pesquisas científicas e tecnológicas para a graduação e pós-graduação, desenvolvimento de teses de doutorado e dissertações de mestrado, além do oferecimento de serviços e assessoramento a terceiros e a realização de tarefas de extensão a comunidade.

Entre os diversos laboratórios do CIDCA, o Laboratório de Vegetais é onde se realiza os trabalhos voltados à fisiologia e tecnologia de pós-colheita de frutas e hortaliças, principalmente berinjela, morango, brócolis e tomate. Os laboratórios do CIDCA contam com estrutura e equipamentos fundamentais para a aplicação de metodologias de pesquisas, além de pessoas qualificadas para o manuseio dos mesmos.

### 3. REFERENCIAL TEÓRICO

#### 3.1 Produção de morango

Entre os pequenos frutos vermelhos, a produção e o consumo de morangos é o que ocupa o primeiro lugar a nível mundial, sendo que os Estados Unidos é o principal produtor, com uma participação de 28% na produção (ANTUNES et al., 2016).

O morango possui alto valor comercial, principalmente no mercado do fruto fresco “*in natura*” (CALEGARO et al., 2002). No Brasil, cerca de 90% do morango é comercializado nessa forma (ANTUNES & REISSER, 2007). Tendo uma grande aceitação do mercado devido seu aroma e cor atraentes e seu sabor agradável, além de possuir considerável quantidade de compostos fenólicos com atividade antioxidante, o que previne diferentes problemas na saúde do ser humano (ANTUNES, 2011).

Segundo levantamentos realizado pela Embrapa, Incaper-ES, Emater (DF, MG, PR, RS), APTA e Epagri-SC, a área de produção brasileira da cultura do morango em 2016 foi de aproximadamente 4.300 hectares, com uma produção estimada em cerca de 155.000 toneladas, sendo os principais estados produtores: Minas Gerais, Paraná, Rio Grande do Sul e São Paulo. A produtividade média de morangos no Brasil é de 30 toneladas por hectare, variando de acordo com as características da região e o sistema de cultivo (ANTUNES et al., 2017). No Rio Grande do Sul, as principais regiões produtoras são os municípios localizados na região do Vale do Caí, Serra gaúcha e o município de Pelotas, com sua produção iniciando em junho e estendendo-se até dezembro (ANTUNES et al., 2016). A região do Vale do Caí e Serra Gaúcha produzem principalmente morangos de mesa, enquanto a Pelotas e arredores produzem em sua maioria morangos para indústria (ANTUNES E REISSER, 2007).

Na Argentina se cultiva anualmente entre 1.300 e 1.500 hectares de morango, com uma produção de aproximadamente 45 mil a 52 mil toneladas anuais, eles possuem vantagem de poder produzir esse fruto durante o ano inteiro devido seu clima propício. As províncias de Santa Fé, Tucumán e Buenos Aires representam aproximadamente 70% da produção total de morangos no país, sendo que aproximadamente 60% é consumida *in natura* e 40% é industrializado (KIRSCHBAUM et al., 2017).

### 3.2 Pós-colheita

Os processos de pós-colheita envolvem as mais diversas técnicas e atividades dentro da tecnologia de alimentos, conservação, embalagens, armazenamento, entre outros, visando a qualidade do produto no ponto de vista nutricional e a segurança alimentar de quem o consome (CENSI, 2006). Quando se fala de frutíferas e hortaliças, sabe-se que a vida útil destes após a colheita é consideravelmente curta. Isto se deve ao alto teor de umidade e textura macia, deixando-os mais suscetíveis a danos mecânicos causados principalmente pelo manuseio e transporte do produto (FAO, 1989).

O Brasil, apesar de possuir uma diversa produção de frutíferas, também é um dos países em que as perdas na pós-colheita são consideravelmente altas comparado a países mais desenvolvidos, isso se deve a diversos fatores que envolvem principalmente às práticas agrícolas tanto na pré-colheita, como na pós-colheita (CENCI, 2006). Em geral, essas perdas são influenciadas pelas escolhas de sistema de produção, infraestrutura do local de produção, manejo fitossanitário, colheita, cadeias de comercialização, canais de distribuição, entre outros que vão variar de acordo com a cultura, e além disso, a prática de compra e uso do alimento pelo próprio consumidor (FAO, 2011).

Em países em desenvolvimento, 40 % das perdas de alimentos acontecem nas fases de pós-colheita e processamento do produto (FAO, 2011), isso envolve todos os pontos desde a colheita até o consumo, ou seja, durante a embalagem, transporte, armazenamento, e toda a cadeia produtiva que esse produto vai transitar.

O fruto do morango é muito perecível, possuindo uma vida pós-colheita curta, isso se deve a sua alta taxa respiratória ( $15 \text{ mg CO}_2 \text{ kg}^{-1}\text{h}^{-1}$  a  $0^\circ\text{C}$ ), da qual aumenta de 4 a 5 vezes quando a temperatura aumenta até  $10^\circ\text{C}$ , e incrementa-se em até 10 vezes quando a temperatura aumenta até  $20^\circ\text{C}$  (TUDELA et al., 2003). Esse aumento da respiração do fruto pode ser ainda mais acentuado quando estes sofrem danos mecânicos, o que ocorre nos cortes de preparo do morango minimamente processado (BASTOS, 2006). A alta perecibilidade também se deve ao ataque de fungos de pós-colheita, como o *Botrytis cinerea*, causador da podridão cinzenta (EL-KAZZAZ et al., 1983), e outras doenças da pós-colheita causada pelo gênero *Rhizopus* (KADER, 1991). Há vários estudos envolvendo a pesquisa de tratamentos para controlar ou atenuar alterações que envolvem a degradação do fruto, prolongando o tempo de armazenamento e mantendo a qualidade do mesmo (ROSEN e KADER, 1989).

### **3.3 Minimamente processados**

Também conhecido pelo termo “fresh-cut”, os alimentos minimamente processados são definidos como frutas e hortaliças frescas que passaram pelo pré-preparo, pré-corte, e parcialmente processadas antes de serem comercializadas (BASTOS, 2006). Esse tipo de alimento vem sendo adotado cada vez com maior abrangência, e se deve aos diversos benefícios que o produto oferece por ser comercializado lavado, limpo, descascado e cortado, propiciando ao consumidor redução do tempo de preparo da refeição, maior padronização, maior acesso a frutos e hortaliças frescos e saudáveis, menor espaço para estocagem, embalagens de armazenamento facilitado e redução do desperdício e da manipulação pelo consumidor (BEERLI et al, 2004).

Em países desenvolvidos, aproximadamente 70% de produtos minimamente processados são utilizados em cozinhas industriais, redes de “fast-foods” e restaurantes (BASTOS, 2006). As frutas minimamente processadas devem manter sua qualidade nutritiva e sensorial o mais próximo possível dos produtos frescos, para que a qualidade e sanidade sejam garantidas ao consumidor (OLIVEIRA et al., 2006).

Estes produtos geralmente possuem um menor prazo de vida útil, ou seja, são mais perecíveis comparado aos frutos inteiros, isso se deve ao estresse que o fruto é submetido ao ser cortado ou descascado (BASTOS, 2006). Esse estresse ocasiona o aumento da taxa respiratória e da produção de etileno, devido ao aumento na taxa metabólica do fruto, acelerando o processo de senescência deste (WATADA, 1990). Nesses produtos, a refrigeração é ainda mais imprescindível, visto que o corte aumenta a liberação do exsudato e a suscetibilidade ao desenvolvimento microbiano, estimulando diferentes reações de deterioração (KADER, 2002).

### **3.4 Radiação Ultravioleta**

A radiação ultravioleta, também conhecida como radiação UV representa uma faixa do espectro eletromagnético da região não-ionizante, que possui um comprimento de onda entre 100 e 400 nm. Essa radiação é considerada muito perigosa por causar diversos danos ao entrar em contato com os seres vivos na atmosfera terrestre. Por outro lado, pequenas quantidades dessa radiação têm grande importância na estimulação da produção da vitamina D no nosso organismo (BALOGH et al., 2011).

Existem três diferentes tipos de classificação dos raios ultravioletas de acordo com seu comprimento de onda, sendo subdividida em: UV-A, UV-B e UV-C. Os raios UV-A possuem um comprimento de onda que varia de 320 e 400 nm, e são poucos absorvidos pela camada de ozônio, podendo causar queimaduras quando há excesso de exposição. Os raios UV-B possuem o comprimento de onda entre 280 e 320 nm e são parcialmente absorvidos pela camada de ozônio, provocando o câncer de pele a longo prazo (KIGUTI et al., 2009).

Já a radiação UV-C possui o comprimento de onda curtas entre 280 e 100 nm, sendo a mais distante da luz visível. Seus raios são absorvidos pela camada de ozônio e pelo oxigênio, dessa maneira, não chegam na superfície terrestre (SILVA, 2017). A radiação UV-C pode ser reproduzida de maneira artificial através de lâmpadas de baixa pressão de mercúrio que emitem ondas de 254 nm com ação germicida, sendo letal a fungos, bactérias, vírus, algas, protozoários e leveduras (BINTSIS et al., 2000). Essas lâmpadas são iguais as lâmpadas fluorescentes, porém, sem o revestimento de fósforo, permitindo a radiação ultravioleta ultrapassar o vidro da lâmpada. A luz age sobre os micro-organismos através de uma reação fotoquímica, da qual afeta o DNA microbiano, danificando-o e levando-o a morte, impedindo que este se reproduza e gere a doença (GUERRERO-BELTRÁN e BARBOSA-CÁNOVAS, 2004).

O uso da radiação UV-C é utilizado há muitos anos como um agente esterilizante em hospitais e na descontaminação de superfícies e embalagens e materiais na indústria alimentícia (CIVELLO et al., 2006). Entretanto, muitos trabalhos demonstram que o tratamento UV-C na pós-colheita permite reduzir a deterioração dos frutos e hortaliças, além de melhorar alguns atributos de qualidade, controlando também o desenvolvimento de microrganismos, o que ocasiona um atraso na incidência e severidade de doenças de pós-colheita, no caso de morangos, sendo as principais *Botrytis cinerea* y *Rhizopus stolonifer* (DAZA, 2011). Há estudos que indicam alterações na composição química dos morangos que são submetidos a irradiação, como Erkan et al. (2008) menciona em vários trabalhos realizados utilizando outros frutos houve alterações de antocianinas, enquanto em seu estudo com morangos, a radiação UV-C teve pouco efeito sobre este parâmetro, mas resultaram em uma maior capacidade antioxidante. Além disso, nos últimos anos os consumidores se questionam mais sobre o uso de produtos químicos na produção de alimentos (VICENTE & LURIE, 2014). Neste sentido, se busca novas alternativas de tratamentos físicos que permitam reduzir o uso de destes produtos químicos.

## 4. ATIVIDADES REALIZADAS

As atividades realizadas durante o período de estágio foram todas nos laboratórios do CIDCA, contando com a orientação do Dr.º Ariel Vicente e a ajuda de sua orientada Eng.<sup>a</sup> Leidy Carolina Ortiz Araque. Todas as atividades estão relacionadas ao trabalho de pesquisa, envolvendo o tratamento com a radiação UV-C e as diferentes metodologias de determinações de qualidade do fruto.

### 4.1 Material vegetal e tratamentos

Foram coletados morangos da cultivar Camarosa em estado de maturação comercial e foram trasladados imediatamente ao laboratório. Os frutos foram lavados com água clorada (100 ppm) e separados igualmente entre os 10 tratamentos que seriam submetidos, o que resultou em 40 frutos por tratamento, dos quais 20 foram cortados em metades e 20 em quatro partes, sendo acondicionados em bandejas plásticas. Posteriormente foram submetidas aos diferentes tratamentos de irradiação em um equipamento contendo 12 lâmpadas UV-C (254 nm, TUV G30T8, 30W, Philips, Argentina). Abaixo segue os tratamentos realizados:

- T.1. Frutos em metades, controle sem tratamento UV-C
- T.2. Frutos em quartos, controle sem tratamento UV-C
- T.3. Frutos em metades UV-C Dose baixa (DB), intensidade baixa (IB)
- T.4. Frutos em quartos UV-C Dose baixa (DB), intensidade baixa (IB)
- T.5. Frutos em metades UV-C Dose alta (DA), intensidade baixa (IB)
- T.6. Frutos em quartos UV-C Dose alta (DA), intensidade baixa (IB)
- T.7. Frutos em metades UV-C Dose baixa (DB), intensidade alta (IA)
- T.8. Frutos em quartos UV-C Dose baixa (DB), intensidade alta (IA)
- T.9. Frutos em metades UV-C Dose alta (DA), intensidade alta (IA)
- T.10. Frutos em quartos UV-C Dose alta (DA), intensidade alta (IA)

A intensidade alta se refere a todas as 12 lâmpadas acessas, fornecendo 36 W/m<sup>2</sup>, enquanto intensidade baixa se refere a apenas 4 lâmpadas acessas, fornecendo 9 W/m<sup>2</sup>. A dose está relacionada com o tempo de tratamento, a dose alta é de 4 kJ/m<sup>2</sup> e a dose baixa é de 2 kJ/m<sup>2</sup>, sendo que para alcançar cada dose, o tempo de tratamento varia de acordo com a

quantidade de luzes acessas (intensidade). No tratamento com DA-IA, por exemplo, foi utilizado uma intensidade de 36 W/m<sup>2</sup>, com uma dose de 4 kJ/m<sup>2</sup>, o que levou uma duração de aproximadamente 1 minuto e 50 segundos de irradiação. A intensidade da radiação e a dose foram determinadas com um radiômetro (Cole-Parmer, Vernon Hills, IL, USA).

Os frutos cortados foram movidos ao revés para receber a radiação nas duas faces, e ao finalizar os tratamentos os frutos foram conduzidos a bandejas plásticas identificadas tapadas com PVC perfurado e armazenadas a 4° C por 7 dias. Nos dias 0, 4 e 7 de armazenamento foram tomadas amostras e imediatamente realizadas determinações de cor, índice de deterioração, perda de peso e exsudato. Dessa maneira, além do controle, foi selecionada a melhor condição de tratamentos UV-C para cada tipo de corte para a realização de outro ensaio, onde foi feita análise microbiológica e avaliação da respiração aos dias 0, 4 e 7 de armazenamento e também um ensaio sensorial de aceitabilidade por atributos no dia 7 de armazenamento. Algumas determinações foram realizadas no dia 1 ao invés do dia 0, devido à falta de tempo no dia 0, visto que neste dia os morangos foram selecionados, preparados e irradiados, o que levou algumas horas. Tratamentos de irradiação UV-C selecionados:

- T.1. Frutos em metades, controle sem tratamento UV-C
- T.2. Frutos em quartos, controle sem tratamento UV-C
- T.3. Frutos em metades UV-C Dose alta (DA), intensidade alta (IA)
- T.4. Frutos em quartos UV-C Dose alta (DA), intensidade alta (IA)

Após as determinações citadas acima, metade das amostras de cada tratamento selecionado foram congeladas em nitrogênio líquido até seu uso para a realização de determinações físico-químicas, como: acidez, pH, sólidos solúveis, antocianinas, flavonoides, carotenoides, fenóis totais e capacidade antioxidante.

#### **4.2 Determinações de qualidade**

Índice de deterioração: A cada tempo de amostra (nos dias 0, 4 e 7 de armazenamento) os sintomas de danos externos foram analisados visualmente. O grau de deterioração ou índice de deterioração (ID) foi calculado de forma percentual tendo em conta o número total de morangos por bandejas, levando em consideração o abrandamento e a presença de podridões nos frutos. As observações foram realizadas em 4 bandejas para cada tratamento, por

triplicata. O índice de deterioração foi calculado segundo:  $ID = \Sigma (\text{Nível de deterioração} \times N^\circ \text{ de frutos no nível}) / N^\circ \text{ total de frutos} \times 100$ .

Perda de peso: Foi determinado pesando as bandejas no início do ensaio e no final do armazenamento. A perda de peso percentual foi calculada como:  $100 \times (P_i - P_f) / P_i$  onde  $P_i$  e  $P_f$  são o peso inicial e final da bandeja, respectivamente.

Exsudato: Foi avaliado em cada tempo de armazenamento a partir da pesagem do líquido livre acumulado em cada uma das bandejas.

Cor interna e externa: A cor superficial foi determinada com um colorímetro Minolta, Modelo CR-400 (Minolta, Osaka, Japão) obtendo os parâmetros  $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$ . Cada valor resultou da média de medições em 3 regiões diferentes da zona equatorial dos frutos. Foi realizado 30 determinações para cada tratamento nos dias 0, 4 e 7 de armazenamento. Os resultados foram expressados a partir da mudança na luminosidade ( $L^*$ ), ângulo hue ( $\arctg b^*/a^*$ ) e croma ( $(a^{*2} + b^{*2})^{0.5}$ ), e também através da classificação de Chen & Majumdar (2008), onde foram utilizados os parâmetros  $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$  para calcular a diferença de cor ( $\Delta E$ ) a partir da equação:  $\Delta E = \sqrt{(a^*_f - a^*_i)^2 + (b^*_f - b^*_i)^2 + (L^*_f - L^*_i)^2}$ , onde o f indica o valor final e o i indica o valor inicial desta variável.

Capacidade Antioxidante: Os frutos foram processados em um moedor e foram feitos extratos etanólicos de morango a partir de 1 grama de pó moído, que foram utilizados para medir a capacidade antioxidante com o radical estável ABTS•+, segundo a metodologia descrita previamente por Arnao et al. (2001). A solução padrão do reativo foi preparada pesando 7 mmol de sal de amônio de ABTS e 2,45 mmol de persulfato de potássio ( $K_2S_2O_8$ ) em 1000 mL de água. A seguir foi deixado reagir por 12 - 16 horas no escuro a temperatura ambiente. Para o estudo das amostras, a solução padrão foi diluída em etanol até obter uma absorbância de  $0,700 \pm 0,02$  medida a 734 nm em espectrofotômetro (UV-Minimodelo 1240, Shimadzu Corporation, Japão). Uma alíquota de 20 uL de extrato foi adicionada à 1 mL de solução de trabalho de ABTS•+, foi homogeneizado e incubado durante 6 minutos. A continuação, foi registrado a diminuição da absorbância por parte das amostras, que devem se encontrar entre 20 - 80% de inibição a respeito da absorbância do branco de reativo. Foi utilizado Trolox

como padrão e os resultados foram expressos como Capacidade Antioxidante Equivalente a Trolox (TEAC) em  $\text{mg kg}^{-1}$ . As medidas foram realizadas por triplicata.

A capacidade antioxidante também foi medida utilizando o radical 2,2-difenil-1-picril-hidrazil (DPPH•), avaliando segundo Brand-Williams et al. (1995). Nessa determinação, os extratos reduzem o radical estável DPPH• de cor roxa a difenil-picril-hidrazina, que possui cor amarela. A perda da cor roxa da solução indica a capacidade sequestrante de radicais das amostras. Alíquotas de extrato etanoico (10, 20, 40, 60 y 80  $\mu\text{L}$ ) foram adicionadas a tubos de ensaio contendo 1 mL de DPPH• ( $40 \text{ mg L}^{-1}$  em etanol) e levados a um volume final de 1,25 mL com etanol. A absorbância a 515 nm foi medida em diferentes tempos com o espectrofotômetro até que a reação alcançou um patamar (60 minutos). A quantidade de fruto necessária para diminuir a concentração de DPPH• inicial em 50%, foi calculada e foi definida como EC50. Os resultados foram expressos como poder antioxidante,  $\text{EC50}^{-1} (\text{kg}^{-1})$ .

Fenóis totais: Alíquotas dos extratos etanoicos foram preparados, como foi descrito em capacidade antioxidante, e utilizado para determinar o conteúdo de compostos fenólicos totais com o reativo de Folin-Ciocalteu (SINGLETON et col., 1999) aplicando 100  $\mu\text{L}$  de extrato. O conteúdo de compostos fenólicos foi calculado utilizando ácido gálico como padrão. As amostras foram medidas por triplicata. Os resultados foram expressos como Fenóis totais ( $\text{mg kg}^{-1}$ ).

Antocianinas: 1,0 grama de pó moído foi colocado em 10 ml de metanol-HCl (1% v/v) e se manteve a  $0^\circ\text{C}$  por 10 minutos. Logo foi centrifugado a  $9.000 \times g$  por 10 min a  $4^\circ\text{C}$ , e no espectrofotômetro foi medido a absorbância do sobrenadante a 515 nm. Os resultados foram expressos como micromol de pelargonidín-3-glucósido por quilograma de fruto, utilizando  $\text{Emolar} = 36.000 \text{ M}^{-1} \text{ cm}^{-1}$  (WOODWARD, 1972). As determinações foram realizadas por triplicata.

Flavonoides: As amostras foram extraídas no etanol, para preparar a mistura da reação, onde foi adicionado 400  $\mu\text{l}$  de amostra em um tubo de ensaio e adicionado 100  $\mu\text{l}$  de água destilada. Os seguintes reativos foram adicionados sequencialmente: primeiramente 40  $\mu\text{l}$  de 5%  $\text{NaNO}_2$ , depois de 5 minutos foi adicionado 40  $\mu\text{l}$  de 10% de  $\text{AlCl}_3$  e por fim, depois de 6 minutos, 250  $\mu\text{l}$  de 1M NaOH. A mistura resultante foi homogeneizada em um vórtice e a absorbância das soluções foram medidas depois de 30 minutos a 510 nm no

espectrofotômetro. Foi desenvolvida uma curva estandar com catequina, com as determinações realizadas duas vezes. Os níveis totais de flavonoides foram expressos em  $\mu\text{mol g}^{-1}$  de tecido fresco.

**Carotenoides:** Para medir o conteúdo de compostos carotenoides foi utilizada 1,5 gramas da polpa congelada, qual foi moída e o pó obtido foi misturado com 2 mL de uma mistura de hexano: acetona: etanol (2:1:1 v/v), que foi agitada em um vórtice, e logo adicionado 0,4 mL de água. Foi deixado repousar a temperatura ambiente durante 5 minutos para permitir a separação das fases e por fim, foi medido a 444 nm a absorbância da fase de hexano no espectrofotômetro. O conteúdo de compostos carotenoides foi calculado com o coeficiente de extinção molar 1450 l/mol cm. As amostras foram medidas em triplicata e os resultados foram expressos em mg de luteína por kg de tecido.

**pH, acidez e açúcares:** O conteúdo de açúcares foi avaliado com um refratômetro, medindo os sólidos solúveis em forma de °Brix. Os frutos congelados foram processados em um moedor refrigerado e 5 gramas do pó resultante foi adicionado a 100 ml de água destilada, para que seja feita a determinação da acidez por titulação. O pH da amostra foi determinado com um pH-metro e as titulações foram realizadas com NaOH 0,1 M até alcançar o pH 8,2 (AOAC, 1998). A acidez titulável foi expressa em miliequivalentes de H<sup>+</sup> por kg de fruto fresco. Duas amostras independentes foram analisadas para cada tratamento e tempo de armazenamento, e cada amostra foi titulada em duplicata.

**Análise microbiológica:** Foram tomadas amostras aos dias 0, 4 e 7 de armazenamento para cada tratamento selecionado, e foram agitadas em água peptona por 15 minutos. A partir da suspensão resultante, foi preparado duas series de diluições desde  $10^{-1}$  até  $10^{-3}$  e 1 ml de cada diluição foi colocado em meio de cultivo apropriado (Yeast Glucose Chloramphenicol Agar - YGC). As placas para a contagem de fungos foram incubadas em 20°C por 5 dias. Os resultados foram expressados como unidades formadoras de colônias (UFC) por grama de fruto.

**Avaliação sensorial:** Foi realizado uma prova de aceitabilidade utilizando uma escala hedônica de 9 pontos. Foi pedido aos avaliadores que indiquem sua aceitabilidade, sendo 1: inaceitável e 9: altamente aceita. A avaliação incluiu atributos que podem ser consideradas

em uma decisão de compra inicial (cor, frescor, aroma e aceitabilidade geral). A avaliação consistiu em 44 pessoas com igual distribuição de homens e mulheres e com uma categoria de idade de 25-35 anos.

**Respiração:** Foi utilizando 50 gramas de amostra para cada tratamento, e através de um sensor foi medido a respiração dos frutos, onde os resultados foram expressados em  $\text{mL kg}^{-1} \text{h}^{-1}$ . Foi usado um recipiente de vidro hermético com uma tampa plástica, da qual possuía um orifício para a entrada sensor. Os frutos foram acondicionados no recipiente a temperatura ambiente, e logo feita a vedação junto com o sensor. A seguir foi medida a respiração inicial dos frutos e transcorridos 10 minutos foi determinada outra medida. As determinações foram realizadas em duplicata.

### **4.3 Análise estatística**

Os experimentos foram desenhados empregando um desenho fatorial, sendo os fatores o tempo de armazenamento, o tratamento de radiação e a forma de processamento, com diferentes repetições. Foi realizado o teste ANOVA e as médias foram comparadas empregando o teste de Tukey com um nível de significância de  $P < 0,05$  através do programa InfoStat.

## **5. DISCUSSÃO**

Serão apresentados os resultados e discussões das análises de determinações de qualidade, através de gráficos, tabelas e estatística. Além de fotos afim de comparações entre o controle e tratamento.

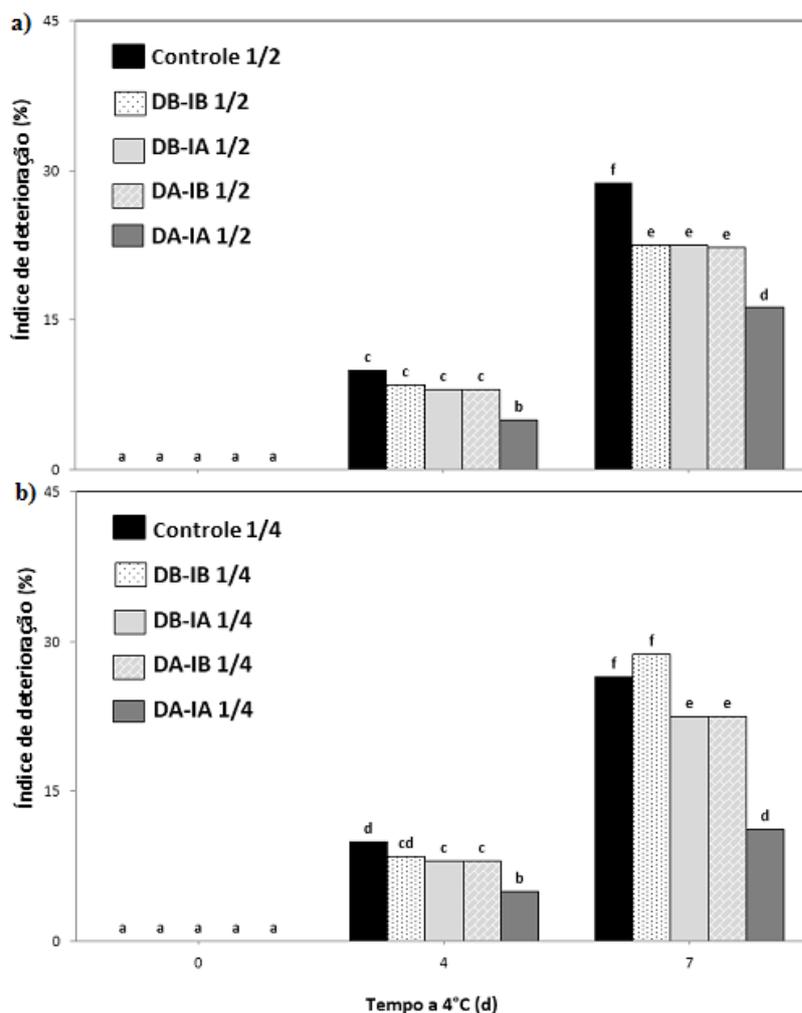
### **5.1 Tratamentos selecionados - Índice de deterioração**

Além do controle, foram selecionados os tratamentos que melhor responderam a radiação UV-C para cada tipo de corte de acordo com o índice de deterioração nos três dias de amostragens. Na Figura 1, é observado que logo após o tratamento não houve deterioração nos frutos. No dia 4, ao comparar o controle com os demais tratamentos  $\frac{1}{2}$  (gráfico a) o controle difere estatisticamente apenas do tratamento DA-IA, sendo este o que possui menor

índice de deterioração. No dia 7 o índice aumenta em todos os tratamentos, sendo que o controle possui o índice mais alto, enquanto os demais tratamentos, exceto DA-IA, não apresentaram diferenças entre si. Apenas o tratamento DA-IA se difere dos demais, possuindo o menor índice de deterioração, ou seja, a dose e intensidade mais efetiva.

Assim como nos morangos cortados a  $\frac{1}{2}$ , os cortados a  $\frac{1}{4}$  (gráfico b) também responderam com maior eficiência ao tratamento DA-IA, visto que se diferiu estatisticamente do controle e demais tratamentos, possuindo o menor índice de deterioração, tanto no dia 4 como no dia 7. Visto isso, para as demais determinações serão apresentados os resultados do controle e tratamento DA-IA, que será identificado como irradiado, para ambos os tipos de corte.

**Figura 1** - Índice de deterioração em morangos cortados a) ao meio e b) ao quarto em diferentes doses e intensidades nos dias 0, 4 e 7 de armazenamento. CIDCA, Buenos Aires - Argentina, 2017.

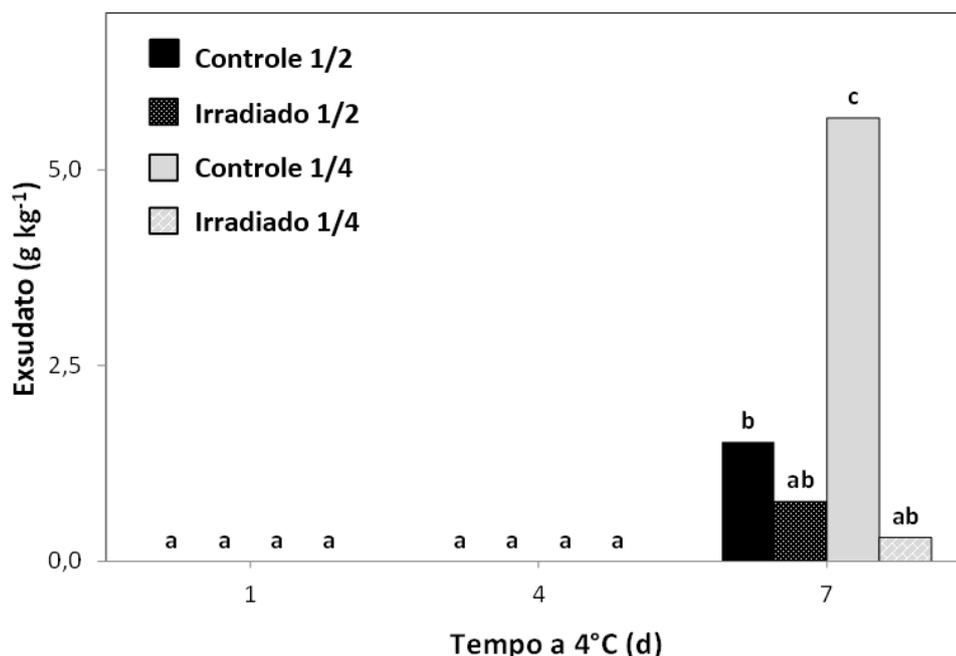


Fonte: Carolina Araque e Thiara Rodrigues, 2017.

## 5.2 Determinações de qualidade

No gráfico 2 se observa que nos dias 1 e 4 não houve exsudação dos frutos em ambos os cortes, enquanto no dia 7 os frutos que receberam o tratamento tanto cortados ao meio quanto ao quarto obtiveram uma taxa de exsudação igual. Comparando o controle e tratamento de cada corte, o tratamento  $\frac{1}{2}$  se mostrou estatisticamente igual ao controle  $\frac{1}{2}$ , mas o controle ainda possui uma leve superioridade, exsudando mais. Já o controle  $\frac{1}{4}$  se mostrou com uma taxa de exsudação significativamente alta comparada ao morango  $\frac{1}{4}$  tratado, isso se deve ao maior número de cortes no processamento. Segundo Villacorta & Vásquez (2013), nos alimentos minimamente processados, ao incluir operações que alteram a integridade do tecido do fruto, podem ocorrer a indução de um estresse degradador, levando a algumas consequências, como: início do escurecimento enzimático, abrandamento do tecido, perda de peso e desenvolvimento indesejável de odores.

**Figura 2** - Exsudato do controle e tratamento  $\frac{1}{2}$  e  $\frac{1}{4}$  nos dias 1, 4 e 7 de armazenamento. CIDCA, Buenos Aires - Argentina, 2017.

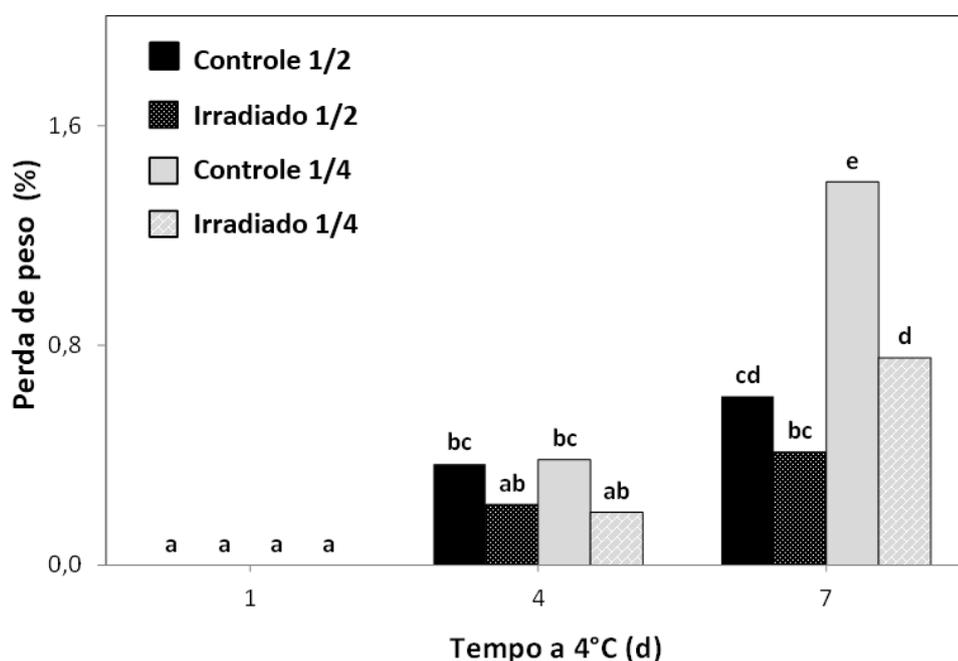


Fonte: Carolina Araque e Thiara Rodrigues, 2017.

A perda de peso ao longo de 7 dias pode ser observada no gráfico 3, no primeiro dia da determinação não houveram perdas, já no quarto dia as perdas do tratamento  $\frac{1}{2}$  e  $\frac{1}{4}$  foram iguais, assim como as perdas do controle  $\frac{1}{2}$  e  $\frac{1}{4}$  foram as mesmas, mas estatisticamente com

uma leve superioridade, mostrando que perdeu mais peso do que o tratamento irradiado  $\frac{1}{2}$ . No dia 7 as perdas foram crescentes tanto nos morangos irradiados quanto no controle, mas a velocidade da perda foi maior no controle, especialmente no controle  $\frac{1}{4}$ . Isto também se explica pelo maior número de cortes, o que ocasiona maior estresse no fruto e conseqüentemente maior perda de peso. O resultado indica que a radiação UV-C pode reduzir a velocidade de perda de água do fruto, mantendo sua integridade por mais dias.

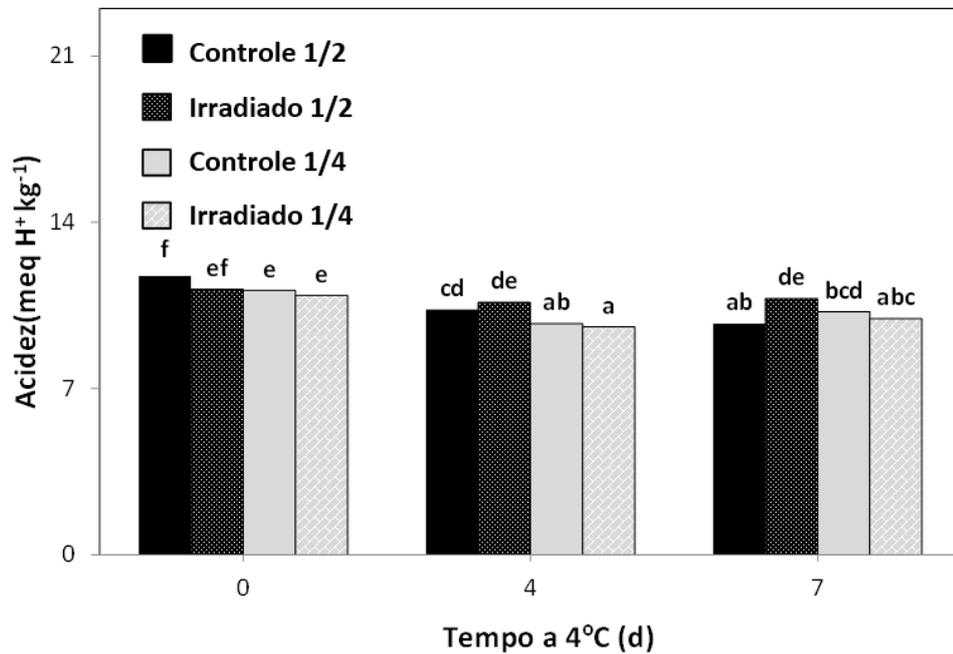
**Figura 3** - Perda de peso do controle e tratamento  $\frac{1}{2}$  e  $\frac{1}{4}$  nos dias 1, 4 e 7 de armazenamento. CIDCA, Buenos Aires - Argentina, 2017.



Fonte: Carolina Araque e Thiara Rodrigues, 2017.

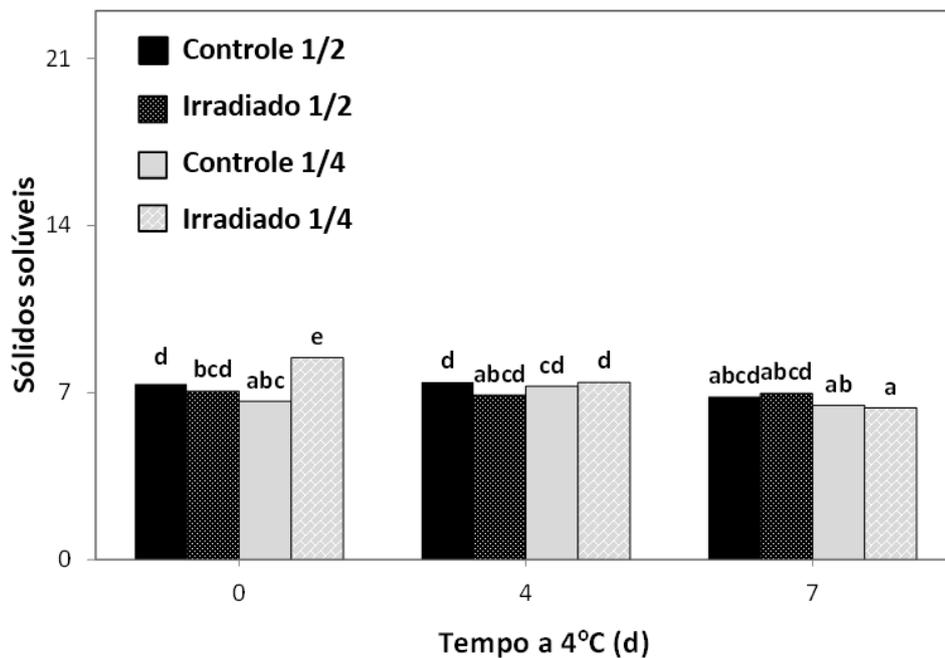
Os gráficos 4, 5 e 6 mostram os resultados das determinações de acidez, sólidos solúveis e pH. É possível observar que as variações do tratamento e controle ao longo do tempo foram baixas na acidez e sólidos solúveis ( $^{\circ}$ Brix), não havendo um padrão. Essa pequena variação pode ser explicada pelo fato de os morangos não estarem uniformemente maduros, o que implica na maior ou menor quantidade de açúcares ou acidez. De acordo com Vicente et al., (2005) as modificações nos açúcares e ácidos ocorrem em alguns casos no uso da radiação UV-C, mas em geral são mais limitados. No caso do pH não houve diferença entre os tratamentos e controle, todos se mostraram idênticos, com uma média de 3,4.

**Figura 4** - Acidez do controle e tratamento  $\frac{1}{2}$  e  $\frac{1}{4}$  nos dias 0, 4 e 7 de armazenamento. CIDCA, Buenos Aires - Argentina, 2017.



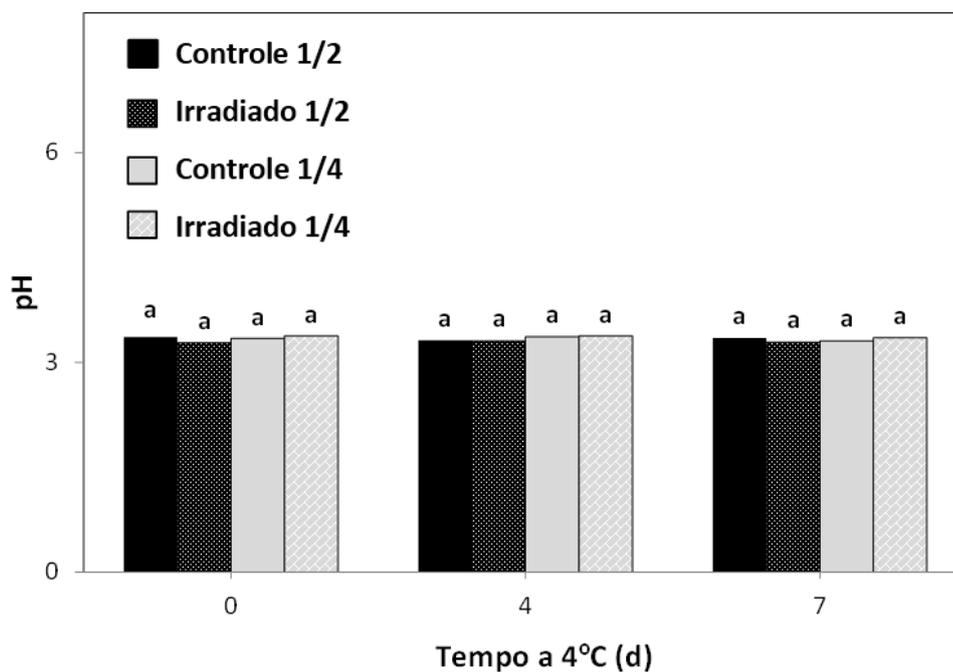
Fonte: Carolina Araque, 2017.

**Figura 5** - Sólidos solúveis do controle e tratamento  $\frac{1}{2}$  e  $\frac{1}{4}$  nos dias 0, 4 e 7 de armazenamento. CIDCA, Buenos Aires - Argentina, 2017.



Fonte: Carolina Araque, 2017.

**Figura 6** - pH do controle e tratamento ½ e ¼ nos dias 0, 4 e 7 de armazenamento. CIDCA, Buenos Aires - Argentina, 2017.



Fonte: Carolina Araque, 2017.

Foram feitas as determinações de antocianinas, carotenoides, capacidade antioxidante, flavonoides e fenóis totais. No entanto, houve uma grande variação nos resultados visto que se apresentaram de maneira aleatória entre os dias, os tratamentos e o tipo de corte, ou seja, não foi possível fazer uma interpretação conclusiva destes resultados. Essa instabilidade pode ser explicada por alguns fatores, como: os frutos não estavam 100% maduros, havendo certa heterogeneidade de maturação dentro das amostras, como os frutos foram congelados depois de 0, 4 e 7 dias de armazenamento para posterior retirada e realização de determinações, esse tempo congelado e o posterior descongelamento pode ter afetado as características químicas do fruto.

Em relação a determinação de cor, o valor  $L^*$ , indica o brilho, variando de preto ( $L = 0$ ) a branco ( $L = 100$ ); o valor  $a^*$  caracteriza a cor entre a região vermelha (+  $a^*$ ) para a região verde (-  $a^*$ ); e o valor  $b^*$  indica o intervalo da cor amarela (+  $b^*$ ) até azul (-  $b^*$ ).

Observando a Tabela 1, no caso da parte externa do fruto, ao dia 0 indica um aumento no parâmetro  $L^*$  nos frutos irradiados, como no estudo de Artés-Hernández et al. (2010) onde foi mencionado que os cubos de melancia minimamente processada tratados com irradiação UV-C (1,6 - 7,2  $\text{kJ/m}^2$ ) denotaram maiores valores de luminosidade comparados com uma amostra controle. Até o final do armazenamento, ao dia 7, se observa que todos os

tratamentos se igualam neste parâmetro. Os parâmetros Hue e Croma em geral não mostraram diferenças estatísticas entre controle e tratamento, o que significa que neste caso, o tratamento UV-C não afetou os parâmetros Hue e Croma interno e externo do fruto.

**Tabela 1** - Médias dos diferentes parâmetros da determinação da cor interna e externa dos morangos do controle e tratamento 1/2 e 1/4 nos dias 0, 4 e 7 de armazenamento. CIDCA, Buenos Aires - Argentina, 2017.

			Tempo a 4 °C (d)					
			0	desv. p.	4	desv. p.	7	desv. p.
<b>LUMINOSIDADE (L*) (EXTERNO)</b>	CONTROLE	1/2	33,78ab	5,76	35,31ab	4,26	36,38b	4,23
	DA-IA	1/2	35,90b	6,57	35,33ab	5,77	35,27ab	3,04
	CONTROLE	1/4	33,06a	4,61	36,12b	5,36	35,04ab	3,80
	DA-IA	1/4	35,05ab	4,30	34,93ab	4,28	33,92ab	3,20
<b>LUMINOSIDADE (L*) (INTERNO)</b>	CONTROLE	1/2	61,44a	4,90	61,41a	4,44	61,05a	2,80
	DA-IA	1/2	59,67a	4,21	60,55a	3,62	59,38a	3,56
	CONTROLE	1/4	65,88bc	2,53	68,12d	2,38	64,26b	2,72
	DA-IA	1/4	66,88cd	3,24	65,99bcd	3,35	60,85a	3,24
<b>COR (HUE) (EXTERNO)</b>	CONTROLE	1/2	37,71d	7,53	35,63bcd	6,06	32,09ab	6,65
	DA-IA	1/2	39,09d	9,93	37,04cd	8,68	29,14a	6,38
	CONTROLE	1/4	35,78bcd	5,70	37,28d	8,71	32,60abc	6,63
	DA-IA	1/4	38,57d	7,04	36,99cd	6,52	30,67a	6,13
<b>COR (HUE) (INTERNO)</b>	CONTROLE	1/2	60,92abc	11,85	64,63cd	9,98	60,27abc	5,66
	DA-IA	1/2	56,79a	9,94	60,69abc	8,58	57,01ab	8,06
	CONTROLE	1/4	60,02abc	7,68	67,76d	7,96	63,33cd	4,98
	DA-IA	1/4	63,42cd	9,02	62,65bc	7,56	59,94abc	6,75
<b>COR (CROMA) (EXTERNO)</b>	CONTROLE	1/2	40,94c	5,29	40,98cd	3,43	34,20b	4,26
	DA-IA	1/2	41,91cd	4,29	41,72cd	4,72	30,90a	3,80
	CONTROLE	1/4	43,44d	3,76	42,57cd	4,59	35,23b	2,65
	DA-IA	1/4	42,74cd	3,85	41,66cd	4,56	35,11b	3,40
<b>COR (CROMA) (INTERNO)</b>	CONTROLE	1/2	22,14bcdef	4,85	23,02cdef	3,72	22,76bc	2,62
	DA-IA	1/2	24,08f	4,74	23,79ef	3,33	23,37def	2,63
	CONTROLE	1/4	20,60b	2,53	21,23bcd	1,83	21,09bc	2,30
	DA-IA	1/4	18,01a	3,77	21,43bcde	3,83	22,08bcdef	1,97

Fonte: Carolina Araque, 2017.

Segundo Chen & Majumdar (2008) as diferenças dos parâmetros L\*, a\* e b\* ao longo do tempo de armazenamento podem ser interpretadas da seguinte forma:  $\Delta E$  entre 0,0 e 0,5 a diferença não é perceptível;  $\Delta E$  entre 0,6 até 1,5 são indeléveis de cor;  $\Delta E$  entre 1,6 e 3,0 são visíveis de cor;  $\Delta E$  entre 3,1 a 6 representam diferenças apreciáveis de cor;  $\Delta E$  entre 6,1 a 12 significa diferenças muito grandes de cor, enquanto  $\Delta E$  superiores a 12,1 indica diferenças muito óbvias. Dessa maneira, foram calculadas a  $\Delta E$  (tabela 2) utilizando as médias dos dias 0 ao 4, e do dia 0 ao 7 de armazenamento. Os resultados indicam que o tratamento UV-C manteve a coloração externa do morango apenas nos primeiros 4 dias de armazenamento,

sendo o controle 1/2 e 1/4 classificados como possuindo diferença visível e apreciável de cor, enquanto o DA-IA 1/2 e 1/4 foram classificados como diferenças indeléveis de cor. No dia 7 houve aumento no  $\Delta E$  externo em todos os tratamentos, sendo classificados como possuindo diferenças muito grandes ou obvias de cor, ou seja, a radiação não afetou a coloração externa dos morangos após o 4º dia de armazenamento. A  $\Delta E$  da coloração interna resultou em diferença entre o tratamento e controle apenas no DA-IA 1/4 e controle 1/4 dos dias 0 ao 7, onde o controle foi classificado como indelével de cor, enquanto o DAI-A 1/4 resultou em diferença de cor muito grande. Nas demais  $\Delta E$  interna a mudança de cor esta mais associada aos cortes e estágio de maturação do que propriamente pelo efeito da irradiação.

**Tabela 2** - Variação do  $\Delta E$  dos frutos após 4 e 7 dias de armazenamento. CIDCA, Buenos Aires - Argentina, 2017.

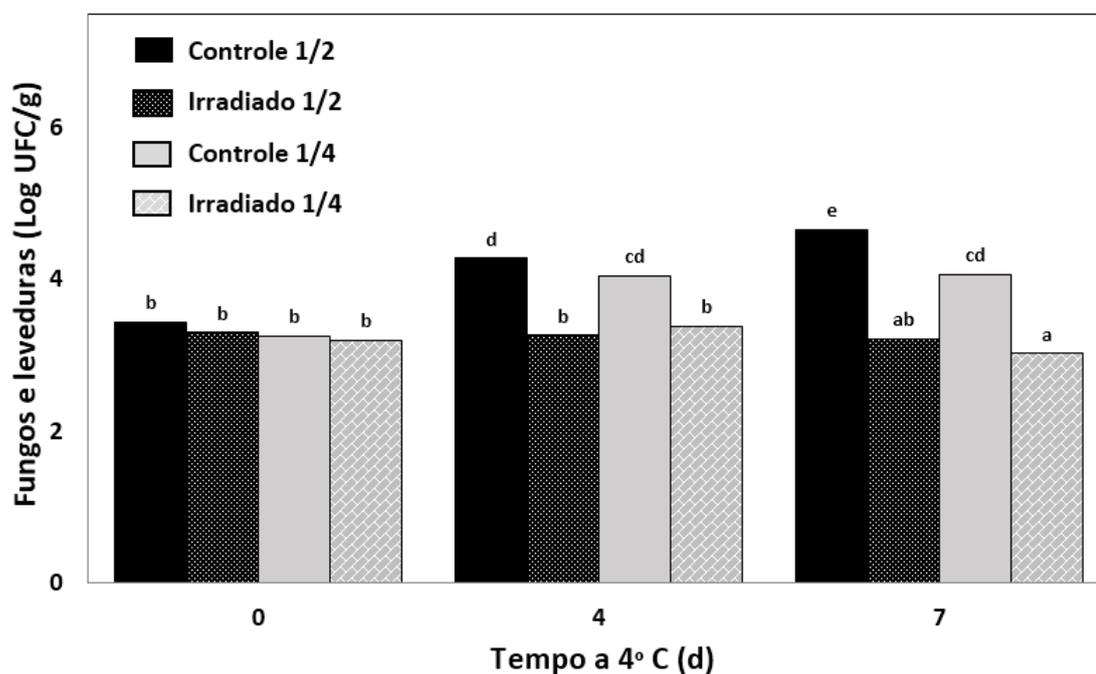
	EXTERNO		INTERNO	
	$\Delta E$ 0 - 4	$\Delta E$ 0 - 7	$\Delta E$ 0 - 4	$\Delta E$ 0 - 7
CONTROL 1/2	2,34	8,08	2,05	1,11
DA-IA 1/2	1,44	12,32	2,12	0,84
CONTROL 1/4	3,50	8,76	3,79	2,25
DA-IA 1/4	1,42	9,26	3,57	7,37

Fonte: Thiara Rodrigues, 2017.

### 5.3 Análise microbiológica

Finalizado os experimentos, não foram observadas variações no Log de Unidades formadoras de colônias (UFC/g) de fungos e leveduras nas amostras dos frutos do controle ou tratamento (figura 7). Logo depois de 4 e 7 dias de armazenamento, a contagem foi consideravelmente inferior nos frutos irradiados nos dois tipos de corte, isso se deve a que enquanto a população de fungos do controle em ambos os cortes aumentou, a população do tratamento se mostrou praticamente estável. Estudos demonstram que além do efeito germicida, a radiação UV-C pode induzir o mecanismo de defesa dos frutos, dificultando a multiplicação dos microrganismos e consequentemente diminuindo a incidência da doença (CIVELLO et al., 2006). Outra possibilidade pode ser a relação com o atraso da maturação, o que permite manter uma maior integridade dos tecidos, reduzindo a suscetibilidade a doença (DAZA, 2011).

**Figura 7** - Contagem de fungos e leveduras do controle e tratamento  $\frac{1}{2}$  e  $\frac{1}{4}$  nos dias 0, 4 e 7 de armazenamento. CIDCA, Buenos Aires - Argentina, 2017.

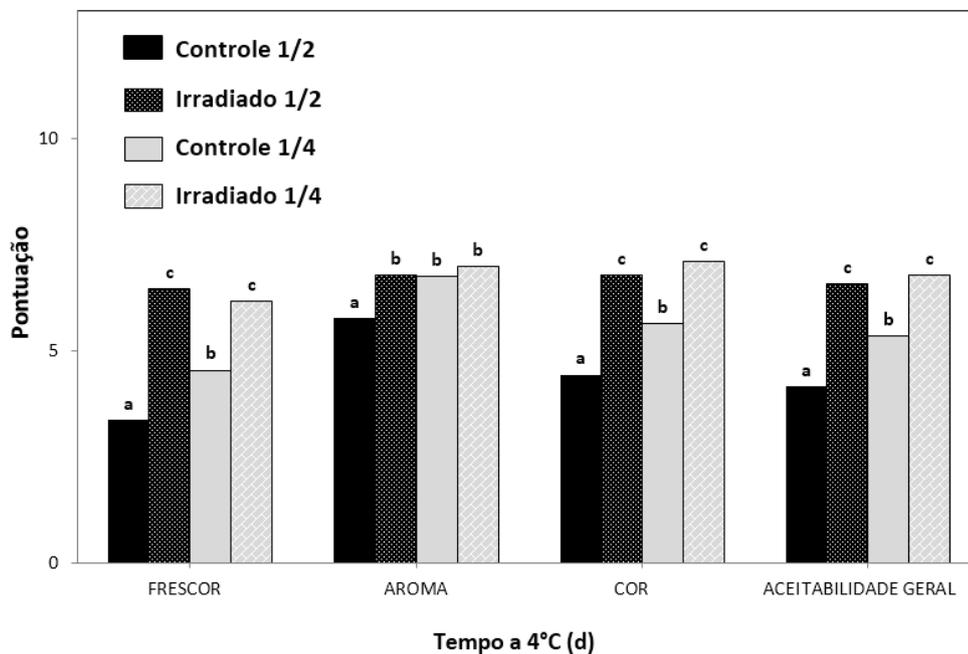


Fonte: Carolina Araque, 2017.

#### 5.4 Ensaio sensorial

Levando em consideração características que um consumidor observaria no momento da compra de morangos, é possível observar na figura 8 que em todos os aspectos (frescor, aroma, cor e aceitabilidade geral) do ensaio sensorial realizado com 44 pessoas, o controle foi o que recebeu a média de nota mais baixa nos dois tipos de corte, sendo que apenas no aspecto do aroma, o controle  $\frac{1}{4}$  se compara ao irradiado  $\frac{1}{2}$  e  $\frac{1}{4}$ , não havendo diferença entre estes. Entre o irradiado  $\frac{1}{2}$  e  $\frac{1}{4}$  não houve diferença em nenhuma das características avaliadas, sendo suas médias as com maiores pontuações. Estes resultados demonstram que a radiação UV-C pode ter uma grande influência indireta na decisão de compra do consumidor, visto que os frutos tratados possuem melhor qualidade e são mais atrativos comparado aos frutos que não receberam o tratamento.

**Figura 8** - Ensaio sensorial do frescor, aroma, cor e aceitabilidade geral dos morangos controle e tratamento  $\frac{1}{2}$  e  $\frac{1}{4}$  no dia 7 de armazenamento. CIDCA, Buenos Aires - Argentina, 2017.

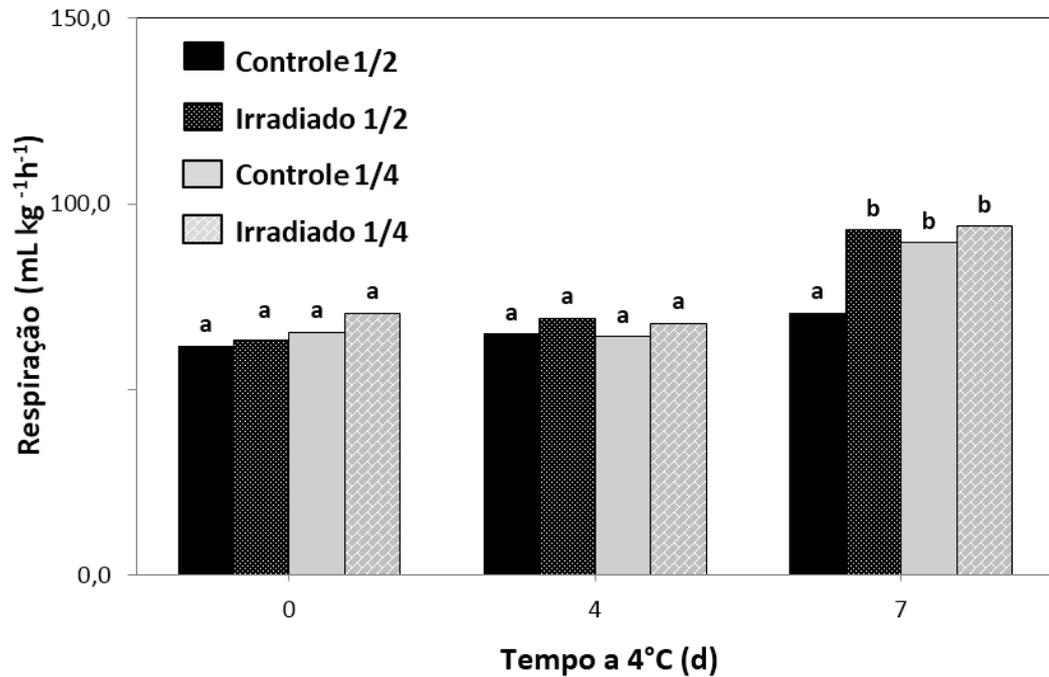


Fonte: Carolina Araque e Thiara Rodrigues, 2017.

## 5.5 Respiração

Os efeitos do corte na taxa de respiração e produção de etileno são diferentes entre frutos climatérico e não-climatérico. Segundo Rosen e Kader (1989) o corte em morangos aumenta a respiração em 50% a 2,5 ° C, mas não tem efeito sobre a produção de etileno à baixa temperatura, devido o morango ser um fruto não-climatérico. No gráfico da figura 9 observamos que no dia 0 e dia 4 a respiração se manteve a mesma nos diferentes tratamentos, ou seja, até o 4º dia não houve diferença significativa na taxa respiratória dos frutos tratados e não tratados nos dois tipos de corte. No dia 7 o controle e tratamento  $\frac{1}{4}$  se mostraram com uma respiração significativamente superior. Esse resultado pode ser explicado devido ao efeito do maior número de cortes, resultando em maior estresse do fruto ao longo do tempo. Já o aumento da respiração no tratamento  $\frac{1}{2}$  pode ser explicado por algum erro no manuseio do sensor medidor, ou possíveis variações do ambiente. Os resultados demonstraram que a radiação UV-C não afetou a taxa de respiração dos frutos.

**Figura 9** - Taxa de respiração do controle e tratamento  $\frac{1}{2}$  e  $\frac{1}{4}$  nos dias 0, 4 e 7 de armazenamento. CIDCA, Buenos Aires - Argentina, 2017.

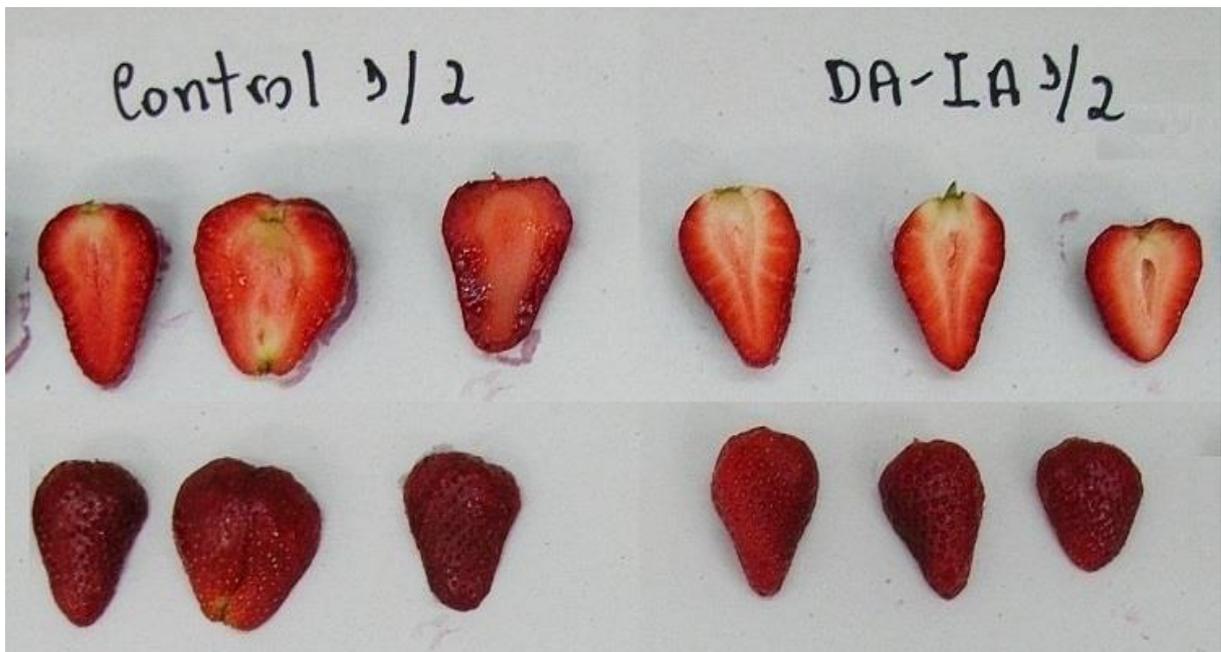


Fonte: Carolina Araque e Thiara Rodrigues, 2017.

### 5.6 Comparação visual

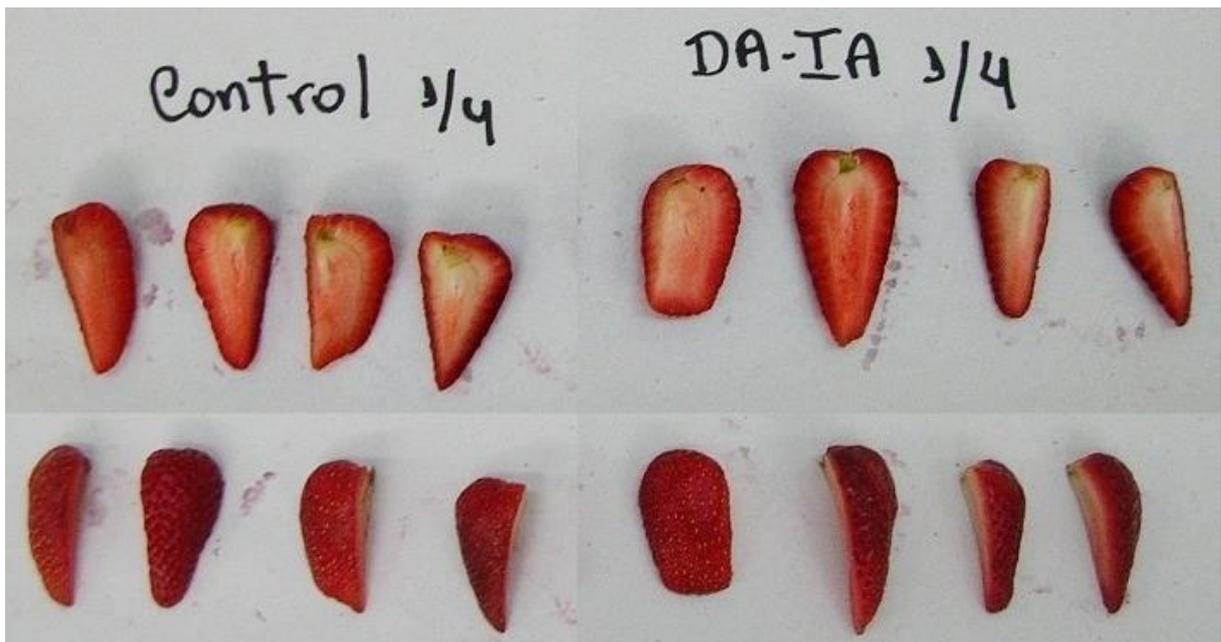
Nos dias de 4 e 7, foram separadas amostras aleatórias de cada tratamento que foram submetidas a uma pequena sessão de fotos da visão interna (polpa) e casca dos frutos, a fim de comparações entre o controle e o tratamento. Nas figuras 10, 11, 12 e 13 a diferença entre o controle e tratamento é visivelmente notória, visto que os frutos que não receberam a radiação estão mais deteriorados em função da sua maior taxa microbiana que aumenta em decorrer do tempo, visto que no dia 7 os frutos estão praticamente podres, liberando mais exsudatos e com aparência inconsumível.

**Figura 10** - Controle e tratamento  $\frac{1}{2}$  depois de 4 dias de armazenamento. CIDCA, Buenos Aires - Argentina, 2017.



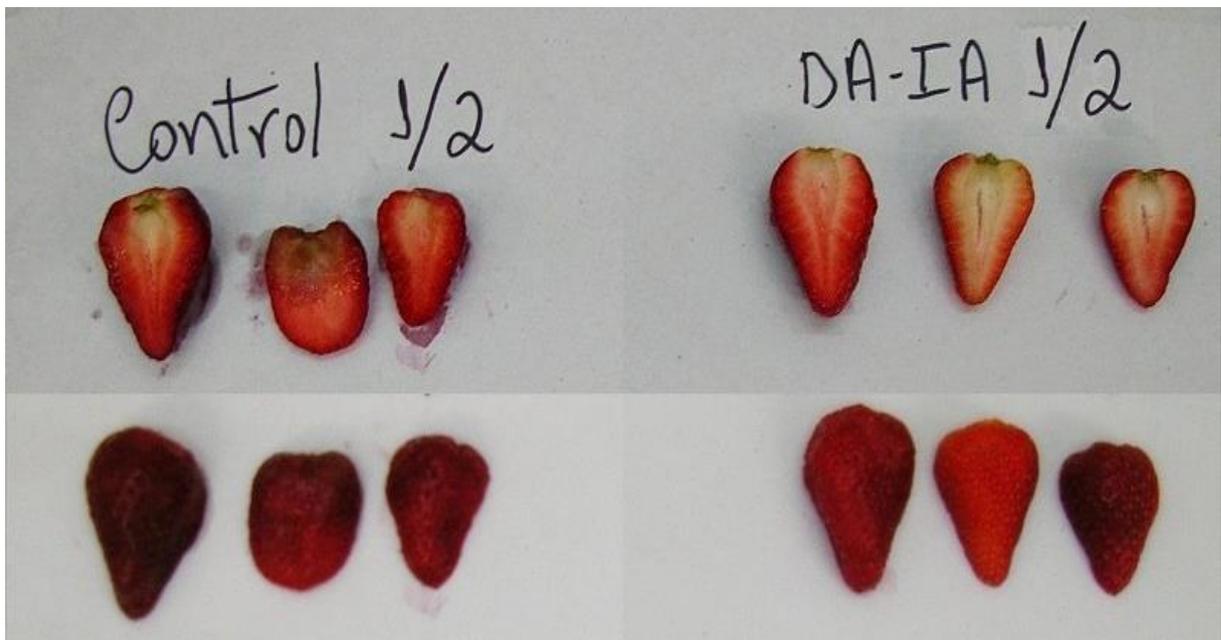
Fonte: Carolina Araque, 2017.

**Figura 11** - Controle e tratamento  $\frac{1}{4}$  depois de 4 dias de armazenamento. CIDCA, Buenos Aires - Argentina, 2017.



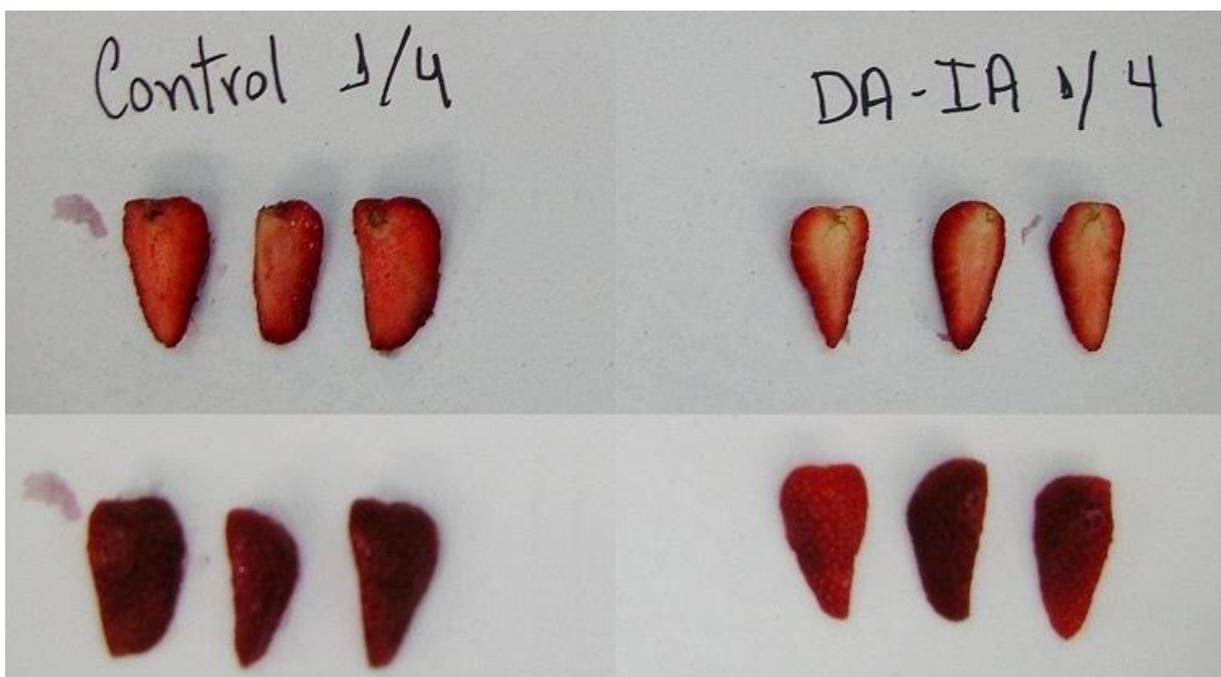
Fonte: Carolina Araque, 2017.

**Figura 12** - Controle e tratamento  $\frac{1}{2}$  depois de 7 dias de armazenamento. CIDCA, Buenos Aires - Argentina, 2017.



Fonte: Thiara Rodrigues, 2017.

**Figura 13** - Controle e tratamento  $\frac{1}{4}$  depois de 7 dias de armazenamento. CIDCA, Buenos Aires - Argentina, 2017.



Fonte: Thiara Rodrigues, 2017.

## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Através deste trabalho, é possível comprovar que a tecnologia da radiação UV-C na pós-colheita de morangos minimamente processados provoca um melhoramento da qualidade dos frutos, mesmo depois de 7 dias após o processamento e tratamento, eles se mantiveram com aspecto visual favorável ao consumidor comparado ao controle. O trabalho mostrou que entre as diferentes doses e intensidades avaliadas, a dose de 4 kJ/m<sup>2</sup> e intensidade de 36 W/m<sup>2</sup> foi a mais eficiente para reduzir o índice de deterioração, e conseqüentemente trazendo melhores resultados nas determinações de exsudato, perda de peso, análise microbiológica e sensorial. É uma alternativa eficaz para prologar o tempo de vida útil dos morangos, mantendo a qualidade e a higiene do produto, visto que há diminuição do desenvolvimento dos principais fungos de pós-colheita da cultura, como *Botrytis cinerea* e *Rhizopus stolonifer*.

Em morangos inteiros foram realizados vários trabalhos analisando a potencialidade da irradiação UV na pós-colheita. Porém há uma certa carência de estudos do uso dessa tecnologia em morangos minimamente processados, esse fato pode servir de incentivo a pesquisadores que visam aprimorar seus conhecimentos neste tema. Também seria interessante a realização de trabalhos onde associam o uso da radiação UV-C, com a refrigeração e a atmosfera modificada, com altas concentrações de CO<sub>2</sub> e baixas de O<sub>2</sub>, afim de verificar se seria possível obter além do efeito germicida, a menor taxa respiratória desses frutos, mantendo-os com uma vida maior após a colheita, do que somente o uso da radiação e refrigeração.

A realização deste estágio foi gratificante na minha vida pessoal e extremamente válido na minha vida acadêmica, principalmente se eu decidir seguir na área de pesquisa científica, visto que aprendi a utilizar diversos equipamentos fundamentais pra aplicação de metodologias de pesquisas, obtendo conhecimentos mais amplos do uso da radiação UV-C na pós-colheita de frutas e hortaliças, e da realização de diversas determinações de características físico-químicas, sensoriais e microbiológicas dos frutos, o que teve grande importância no meu aprendizado.

## REFERÊNCIAS

- ANTUNES, L. E. C.; FAGHERAZZI, A. F.; VIGNOLO, G. K. Morangos tem produção crescente. **Campo & Negócios**, Uberlândia, Anuário HF 2017, p. 96-102, 2017.
- ANTUNES, L. E. C.; REISSER JÚNIOR, C. **Caracterização da produção de morangos no Brasil**. Pelotas: EMBRAPA, 2007.
- ANTUNES, L. E. C.; REISSER JUNIOR, C.; SCHWENGBER, J. E. **Morangueiro**. Brasília: EMBRAPA, 2016.
- ANTUNES, L. E. C.; CARVALHO, G. L.; SANTOS, A. M. **A cultura do morango**. Brasília: EMBRAPA, 2011.
- AOAC. **Official methods of analysis of AOAC International**. 16th ed. Gaithersburg, 1998.
- ARNAO, M.; CARO, A.; ACOSTA, M. The hydrophilic and lipophilic contribution to total antioxidant activity. **Food Chemistry**, London, v. 73, n. 2, p. 239-244, 2001.
- ARTÉS-HERNÁNDEZ, F. et al. Low UV-C illumination for keeping overall quality of fresh-cut watermelon. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 55, p. 114 – 120, 2010.
- BALOGH, T. et al. Proteção à radiação ultravioleta: recursos disponíveis na atualidade em fotoproteção. **Anais Brasileiros de Dermatologia**, Rio de Janeiro, v. 86, n. 4, p. 732-42, 2011.
- BASTOS, M. **Frutas minimamente processadas: aspectos de qualidade e segurança**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2006. (Documentos, 103).
- BEERLI, K. M. C.; VILAS BOAS, E. V. B.; PICCOLI, R. H. Influência de sanificantes nas características microbiológicas, físicas e físico-químicas de cebola (*Allium cepa* L.) minimamente processada. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 28, n. 1, p. 107-112, 2004.
- BINTSIS, T.; LITOPOULOU-TZANETAKI, E.; ROBINSON, R. K. Existing and potential applications of ultraviolet light in the food industry: a critical review. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, London, v. 80, p. 637-645, 2000.
- BRAND-WILLIAMS, W.; CUVELIER, M. E.; BERSET, C. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. **LWT - Food Science and Technology**, London, v. 28, n. 1, p. 25-30, 1995.
- 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. 1049-1055, 2002.
- CENCI, S. A. Boas práticas de pós-colheita de frutas e hortaliças na agricultura familiar. In: NASCIMENTO NETO, F. (Org.). **Recomendações básicas para a aplicação das boas**

**práticas agropecuárias e de fabricação na agricultura familiar.** Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2006. p. 67-80.

CHEN, X.D.; MAJUMDAR, A. **Drying technologies in food processing.** Oxford: Blackwell, 2008. 352 p.

CIVELLO, P.; VICENTE, A.; MARTÍNEZ, G. UV-C technology to control postharvest diseases of fruits and vegetables. In: TRANCOSO-ROJAS, R.; TIZNADO-HERNÁNDEZ, M. E.; GONZÁLEZ-LEÓN, A. (Eds.). **Recent advances in alternative postharvest technologies to control fungal diseases in fruits & vegetables.** Kerala, Índia: Transworld Research Network, 2006. p. 1-32. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/publication/260106914\\_UV-C\\_technology\\_to\\_control\\_postharvest\\_diseases\\_of\\_fruits\\_and\\_vegetables](https://www.researchgate.net/publication/260106914_UV-C_technology_to_control_postharvest_diseases_of_fruits_and_vegetables)>. Acesso em: 15 ago. 2018.

DAZA, S. **Efecto de la intensidad de la radiación UV-C sobre la calidad sensorial, microbiológica y nutricional de frutos.** 2011. 99 f. Tesis (Maestría) – Centro de Investigación y Desarrollo en Criotecnología de Alimentos, Facultad de Ciencias Exactas, Universidad Nacional de La Plata, La Plata, 2011.

FAO. **Global food losses and food waste: extent, causes and prevention.** Rome, 2011.

FAO. **Prevention of post-harvest food losses: fruits, vegetables and root crops.** Rome, 1989. (FAO Training Series, n. 17/2).

GUERRERO-BELTRÁN, J.A.; BARBOSA-CÁNOVAS, G.V. Advantages and limitations on processing foods by UV light. **Food Science and Technology International**, New York, v. 3, n.10, p.137-147, 2004.

ERKAN, M.; WANG, S.Y.; WANG, C.Y. Effect of UV treatment on antioxidant capacity, antioxidant enzyme activity and decay in strawberry fruit. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 48, n. 2, p. 163-171, 2008.

EL-KAZAZ, M. K.; SOMMER, N. F.; FORTLAGE, R. J. Effect of different atmospheres on postharvest decay and quality of fresh strawberries. **Phytopathology**, Saint Paul, v. 73, n. 2, p. 282-285, 1983.

KADER, A. A. Quality and its maintenance in relation to the postharvest physiology of strawberry. In: DALE, A.; LUBY, J.J. (Eds.). **The strawberry into the 21st. century.** Portland: Timber Press Portland, 1991. p. 145-152.

KADER, A. A. **Postharvest technology of horticultural crops.** 3rd ed. Oackland: University of California, Agriculture and Natural Resources, 2002. 535 p.

KIGUTI, V. A. K.; SEO, E. S. M.; VILELA, A. Radiação ultravioleta: uma avaliação em São Paulo. **INTERFACEHS – Revista de Gestão Integrada em Saúde do Trabalho e Meio Ambiente**, São Paulo, v.4, n.1, Seção InterfacEHS 3, abr./ago. 2009.

KIRSCHBAUM, D.S.; ADLERCREUTZ, E.G.; PACHECO, R. M. Panorama del cultivo de frutilla en junio de 2017. **Boletín de Frutas y Hortalizas del Convenio INTA- CMCBA**, Buenos Aires, n. 61, p. 1-8, 2017.

OLIVEIRA, A.; COSTA, J.; MAIA, G. Qualidade higiênico-sanitária de abacaxi “pérola” minimamente processado. **Revista Brasileira em Promoção da Saúde**, Fortaleza, v.19, n. 1, p. 19-24, 2006.

ROSEN, J. C.; KADER, A. A. Postharvest physiology and quality maintenance of sliced pear and strawberry fruits. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 54, n. 3, p. 656-659, 1989.

SINGLETON, V.L.; ORTHOFER, R.; LAMUELA-RAVENTOS, R.M. Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of Folin-Ciocalteu reagent. **Methods in Enzymology**, New York, v. 299, n. 1, p. 152-178, 1999.

SILVA, C. W. **Radiação ultravioleta:** inserção de física moderna no ensino médio por meio de efeitos biológicos da radiação UV. 2017. 77 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Ciências) - Departamento de Física, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2017.

TUDELA, J. A. et al. High carbon dioxide during cold storage for keeping strawberry quality. **Acta Horticulturae**, Wageningen, n. 600, p. 201-204, 2003. Trabalho apresentado no 8. International Controlled Atmosphere Research Conference, Rotterdam, 2001.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PLATA. Facultad de Ciencias Exactas. Centro de Investigación y Desarrollo en Criotecnología de Alimentos. **[Dados obtidos da página]**. 2016. Disponível em: <<http://www.exactas.unlp.edu.ar/articulo/2014/11/21/cidca>>. Acesso em: 20 mar. 2018.

VICENTE, A.; LURIE, S. Physical methods for preventing postharvest deterioration. **Stewart Postharvest Review**, London, v. 10, p.1, 2014.

VICENTE, A. et al. UV-C treatments reduce decay, retain quality and alleviate chilling injury in pepper. **Postharvest Biotechnology**, Amsterdam, v.35, n. 1, p.69-78, 2005.

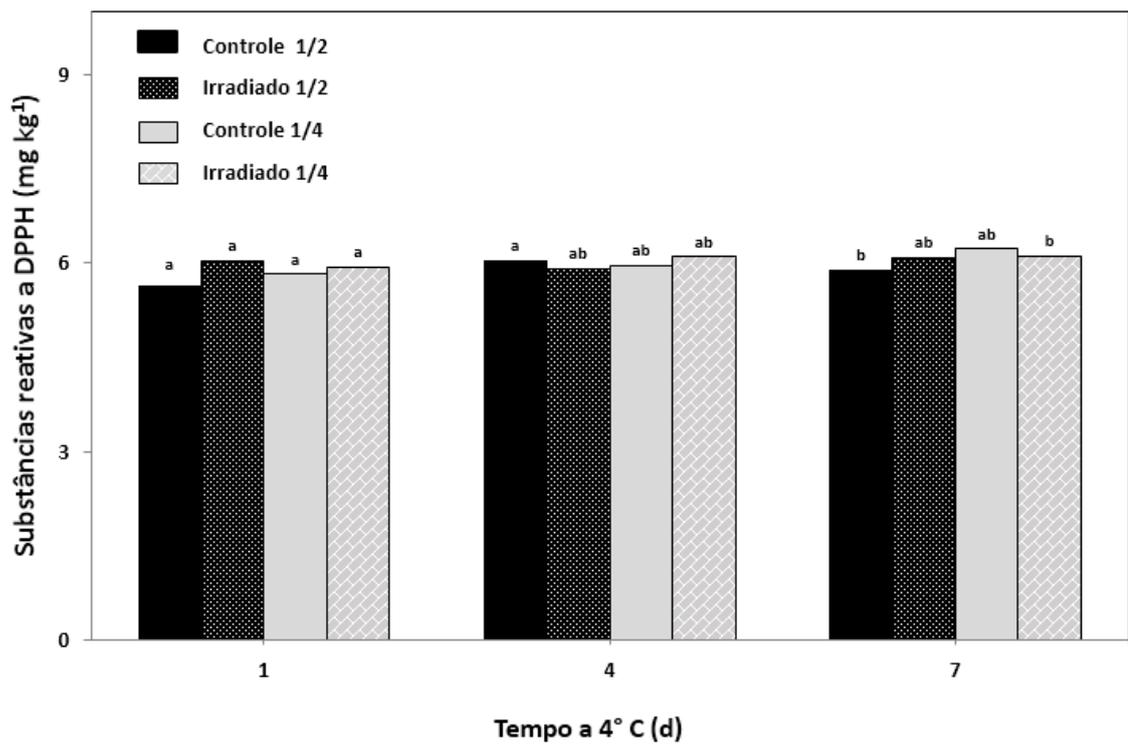
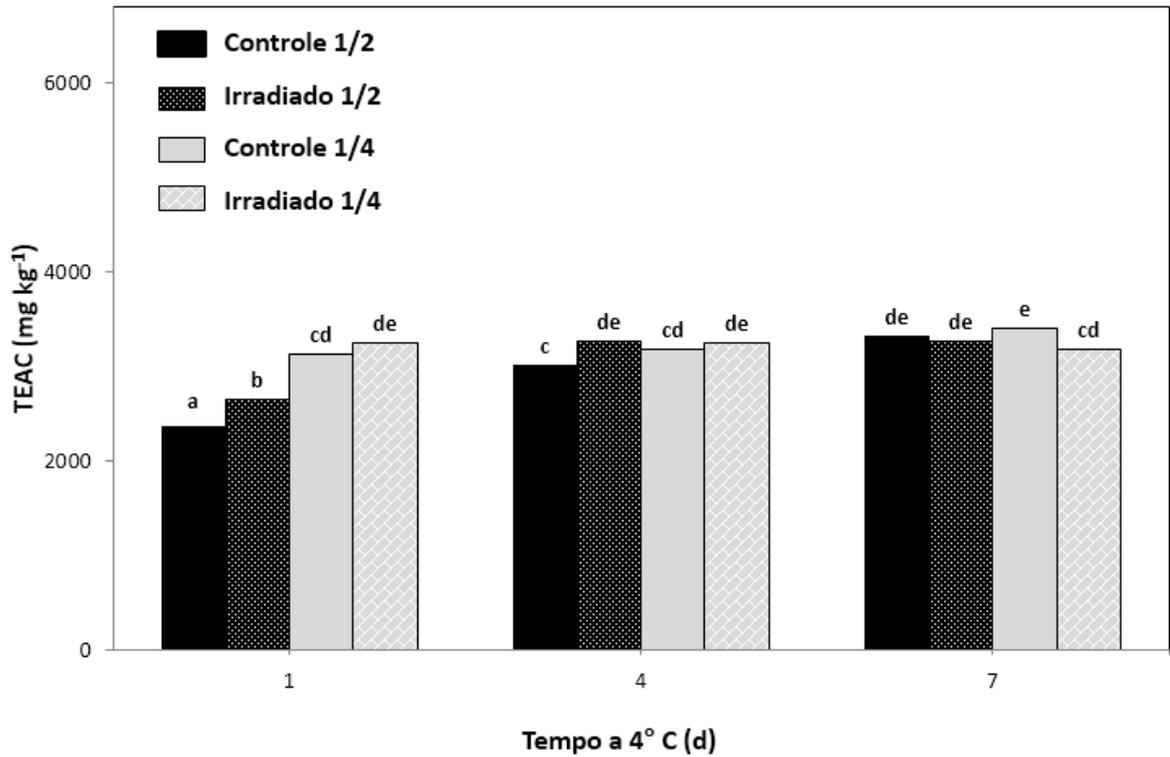
VILLACORTA, L. M.; VÁSQUEZ, C. P. Irradiación UV-C en frutos tropicales mínimamente procesados. **Scientia Agropecuaria**, Trujillo, v.4, n.3, p. 147 – 162, 2013.

WATADA, A.; ABE, K.; YAMUCHI, N. Physiological activities of partially processed fruits and vegetables. **Food Technology**, Chicago, v. 44, p.116-122, 1990.

WOODWARD, J. R. Physical and chemical changes in developing strawberry fruits. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, London, v. 23, p.465- 473, 1972.

## APÊNDICES

### APÊNDICE A – GRÁFICOS DOS RESULTADOS DAS DETERMINAÇÕES DE CAPACIDADE ANTIOXIDANTE (TEAC E DPPH).



**APÊNDICE B – GRÁFICOS DOS RESULTADOS DAS DETERMINAÇÕES DE CAROTENOIDE, FENOIS TOTAIS E FLAVONOIDES.**

