

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE ALIMENTOS
CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM ALIMENTOS

IRINEU SVISTAK

**APLICAÇÃO DE LUZ UVC PARA REDUÇÃO DA CARGA MICROBIANA EM
CENOURA MINIMAMENTE PROCESSADA**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

CAMPO MOURÃO
2018

IRINEU SVISTAK

**APLICAÇÃO DE LUZ UVC PARA DIMINUIÇÃO DA CARGA MICROBIANA
EM CENOURA MINIMAMENTE PROCESSADA**

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação, do curso superior de Tecnologia em Alimentos da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, como requisito parcial para a obtenção do título de Tecnólogo em Alimentos.

Orientador: Prof Dr. Fábio Henrique Polisel Scopel

CAMPO MOURÃO

2018



Ministério da Educação
UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
Campus Campo Mourão

Departamento Acadêmico de Alimentos



TERMO DE APROVAÇÃO

APLICAÇÃO DE LUZ UVC PARA DIMINUIÇÃO DA CARGA MICROBIANA EM CENOURA MINIMAMENTE PROCESSADA

Por

IRINEU SVISTAK

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi apresentado em 20 de novembro de 2018 como requisito parcial para obtenção do título de Tecnólogo de Alimentos. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

Prof. Dr. Fábio Henrique Polisel Scopel
Orientador

Profa. Msc. Franciele Leila Giopato Viell
Membro da banca

Profa. Dra. Stephani Caroline Beneti
Membro da banca

Nota: O documento original e assinado pela Banca Examinadora encontra-se no Departamento Acadêmico de Alimentos da UTFPR Campus Campo Mourão.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por estar comigo e conduzir minha vida, pois o que muitos chamam de destino, é ação do Senhor;

Aos meus pais e minha família, pelos valores e princípios repassados;

A minha companheira Michele, sempre ao meu lado, me incentivando;

Aos professores, em especial professor Fábio pela paciência e orientação, servidores e colaboradores, que fazem da UTFPR uma universidade séria e imparcial.

RESUMO

SVISTAK, I. **Aplicação de luz UVC para diminuição da carga microbiana em cenoura minimamente processada.** Trabalho de Conclusão de Curso (Tecnologia em Alimentos) - Universidade Tecnológica Federal Do Paraná (UTFPR). Campo Mourão, 2018.

A cenoura é um vegetal minimamente processado muito consumidos no Brasil, possui um papel importante no mercado de hortaliças e representa uma fatia considerável na economia brasileira em relação à produtos vegetais. A demanda dos consumidores de minimamente processados exige um produto que preserve ao máximo suas características organolépticas, isso requer que o alimento não seja submetido à processos de conservação e isso torna o risco de proliferação de microrganismos elevado. A sanitização por imersão em água clorada é o método tradicional mais utilizado atualmente, porém deixa resíduos e é necessário que o produto tenha contato com água. Este estudo avaliou a aplicação de luz UVC (ultravioleta de ondas curtas) no comprimento de onda de 265 nm e 280 nm como método alternativo de desinfecção de cenoura minimamente processada utilizando. A eficiência dos tratamentos foi determinada pelo método de contagem de microrganismos aeróbicos psicotróficos em placas. Obteve-se redução de 2,0 unidades logarítmicas no tratamento UVC com ondas de 265 nm e mais de 1,0 unidade logarítmica no tratamento UVC com ondas de 280 nm em relação ao método tradicional. Obtiveram-se ainda, resultados satisfatórios na análise do padrão microbiológico exigido pela legislação e não foi observado mudança no pH.

Palavras-chave: Luz UVC, minimamente processado, carga microbiana, psicotróficos.

ABSTRACT

SVISTAK, I. **Aplicação de luz UVC para diminuição da carga microbiana em cenoura minimamente processada.** Trabalho de Conclusão de Curso (Tecnologia em Alimentos) - Universidade Tecnológica Federal Do Paraná (UTFPR). Campo Mourão, 2018.

Carrot is a minimally processed vegetable widely consumed in Brazil, plays an important role in the vegetable market and represents a considerable share of the Brazilian economy in relation to vegetable products. The demand of minimally processed consumers requires a product that preserves their organoleptic characteristics to the maximum, this requires that the food is not subjected to the preservation processes and this makes the risk of proliferation of microorganisms high. Sanitization by immersion in chlorinated water is the traditional method most commonly used today, however it leaves residues and it is necessary that the product has contact with water. This study evaluated the application of UVC light (ultraviolet shortwave) at wavelengths of 265 nm and 280 nm as an alternative method of disinfection of carrot minimally processed using. The efficiency of the treatments was determined by the method of counting aerobic psychrotrophic plaque microorganisms. A reduction of 2.0 log units was obtained in the UVC treatment with 265 nm waves and more than 1.0 logarithmic unit in the UVC treatment with 280 nm waves in relation to the traditional method. Also, satisfactory results were obtained in the analysis of the microbiological standard required by the legislation and no change in pH was observed.

Keywords: UVC light, minimally processed, microbial load, psychrotrophic.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Cenoura minimamente processada embalada.....	13
Figura 2 - Representação da ação da luz UVC na célula bacteriana	16
Figura 3 - Protótipo para aplicação de luz UVC	18
Figura 4 - Análise radiométrica para lâmpada de 265 nm	22
Figura 5 - Análise radiométrica para lâmpada de 280 nm.....	23

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 - Separação do espectro eletromagnético em faixas.....	15
QUADRO 2 - Padrão microbiológico de raízes frescas.....	19
QUADRO 3 - Análise do pH e psicrotróficos.....	21
QUADRO 4 - Análise de Salmonella e Coliformes a 45° C.....	23

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	9
2. OBJETIVOS	11
2.1 OBJETIVO GERAL	11
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	11
3. REVISÃO DE LITERATURA.....	12
3.1 CENOURA	12
3.2 PROCESSAMENTO MÍNIMO.....	13
3.3 TECNOLOGIAS USADAS NA REDUÇÃO DA CARGA MICROBIANA E CONSERVAÇÃO.....	14
3.4 LUZ UVC	14
4. METODOLOGIA	17
4.1 LOCAL	17
4.2 AMOSTRAS.....	17
4.3 APLICAÇÃO DE LUZ UVC	17
4.4 TRATAMENTO CONVENCIONAL.....	18
4.5 ANÁLISE MICROBIOLÓGICA	18
4.5.1 Análise de Psicotróficos	19
4.5.2 Análise de Coliformes a 45° C	19
4.5.3 Análise de <i>Salmonella</i>	20
4.6 ANÁLISE DE pH.....	20
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES	20
5.1 CONTAGEM DE MICROORGANISMOS PSICOTRÓFICOS, COLIFORMES A 45° C E <i>Salmonella</i>	20
6. CONCLUSÃO	25
7. REFERÊNCIAS.....	26

1. INTRODUÇÃO

O Brasil é um grande produtor agrícola e consumidor de produtos vegetais. A cenoura é uma das hortaliças mais produzidas, sendo de grande emprego na indústria de alimentos, podendo ser processada para conserva enlatada, minimamente processada, combinada com outras hortaliças e até na forma desidratada. O perfil da população vem mudando ao longo do tempo e por consequência os consumidores estão exigindo que as hortaliças sejam ofertadas em novas formas de apresentação e preparo (SPAGNOL et al., 2006).

Atualmente existem diversos métodos para conservação de alimentos, entre estes, aplicação de conservantes, uso de atmosfera modificada, resfriamento, além de combinações de métodos para melhorar a eficiência da conservação (FELLOWS, 2006). Entretanto, há necessidade do desenvolvimento de tecnologias que atendam às exigências dos consumidores preservando a qualidade dos alimentos (BARBOSA, 2015).

Segundo Eskin (2013), a radiação por luz ultravioleta de ondas curtas (UVC) é um método alternativo e de baixo custo para reduzir o número de microrganismos da superfície de frutas e legumes frescos e cortados. O potencial da luz UVC para uso comercial no processamento mínimo de vegetais depende de sua capacidade de contribuir para a segurança dos alimentos sem desencadear alterações indesejáveis na qualidade.

A radiação UVC compreende a faixa de comprimentos de onda entre 200 e 280 nm, e sua utilização constitui-se em um tratamento que não produz compostos orgânicos clorados ou tóxicos, como os resultantes da utilização de sanitizante comuns a base de cloro. Também cabe ressaltar que é uma técnica de baixo custo se comparada à radiação gama, alta pressão ou atmosferas modificadas, ambientalmente segura e apresenta boa eficiência na descontaminação, pois reduz a multiplicação de bactérias psicrotróficas, coliformes, bolores e leveduras. Além do mais não produz odores e sabores desagradáveis ao produto e aumenta a capacidade antioxidante dos vegetais (SOUZA, 2012).

Tradicionalmente a radiação ultravioleta vem sendo empregada para inativar microrganismos da parte superficial dos alimentos e das embalagens

(SENAI, 2014). Nesta pesquisa, foi avaliado o método UVC na redução da carga microbiana de cenoura minimamente processada.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Verificar os efeitos da aplicação da luz ultravioleta de ondas curtas na diminuição da carga microbiana em cenoura minimamente processada.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Submeter a cenoura minimamente processada ao tratamento UVC por meio de um protótipo desenvolvido na UTFPR a duas condições de tratamento: comprimento de onda 256 nm e 280 nm por 25 minutos cada.
- Determinar a condição ótima de tratamento UVC por através da contagem total de psicotróficos em armazenamento sob refrigeração e também por meio de análise físico-químicas como pH, nas amostras tratadas.
- Comparar a cenoura minimamente processada tratada por UVC sob a condição ótima com aquela tratada pelo método convencional (sanitização por imersão em água clorada) e sem tratamento, através da contagem total de psicotróficos e análise de pH.
- Realizar análise de coliforme e presença de *Salmonella* na condição ótima.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1 CENOURA

A cenoura é muito consumida no Brasil e no mundo. Sua origem é de mais de 5 mil anos, surgindo no Afeganistão, situado na Ásia Central. Esta hortaliça foi introduzida na Europa por volta do ano 1.100 AC, pelos povos conhecidos hoje como Mouros. As raízes, que naquela época eram cilíndricas e de diversas cores, foram disseminadas pelos Holandeses na Europa Ocidental, iniciando sua seleção e domesticação (CEASA-PR, 2017).

A introdução da cenoura no Brasil ocorreu no começo do século XVI, com a vinda das expedições portuguesas, as quais trouxeram sementes de cenoura em meio a outras sementes de hortaliças. Acredita-se que as primeiras plantações de cenoura no Brasil foram cultivadas no século XIX, no Rio Grande do Sul, na horta de um mosteiro pelos jesuítas espanhóis que, posteriormente, de forma empírica, espalharam a cultura em diversos municípios desse estado. No final da década de 50, empenhada no melhoramento de hortaliças, a Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (ESALQ-USP), submeteu sementes de cenoura às técnicas de melhoramento genético e aclimatação. Em meados dos anos 60, as sementes começaram a ser utilizadas pelos agricultores, em particular, pelos japoneses filiados à Cooperativa Agrícola de Cotia, que já tinham experiências de origem com a cultura. Na década de 70 as variedades se fixaram e são a base da produção até hoje (EMBRAPA, 2008).

O comércio de cenoura no Brasil é importante para a economia. Sua produção em 2016 foi de mais de 750.000 toneladas, movimentando cerca de R\$ 500 mi nos CEASA (Confederação da Agricultura e Pecuária no Brasil), segundo dados do IBGE, que representa metade dos valores movimentados no país, visto que o comércio acontece em vários estabelecimentos além dos CEASA.

Esta hortaliça tem um papel importante no agronegócio pela sua capacidade de gerar emprego em toda sua cadeia produtiva e sua produção ocorre durante o ano inteiro, gerando renda contínua à produtores (EMBRAPA, 2008).

Dentro deste contexto, ajusta-se perfeitamente o processamento mínimo de hortaliças tais como a cenoura, cujas tecnologias de produção e processamento

ainda têm muito espaço no mercado para crescer, pois os consumidores buscam cada vez mais variedade de opções na hora da compra e praticidade no preparo das refeições.

3.2 PROCESSAMENTO MÍNIMO

O surgimento dos produtos minimamente processados no Brasil ocorreu na década de 90, tendo sua expansão no mercado em razão dos fatores conveniência, variedade, baixo desperdício, versatilidade, frescor e sabor natural (figura 1). Produtos minimamente processados são aqueles cuja matéria prima sofreu algum tipo de beneficiamento inicial, sem modificações em sua estrutura natural, apresentando qualidade semelhante ao alimento fresco e pronto para o consumo (GAVA et al., 2008).

Figura 1. Cenoura minimamente processada embalada.



Fonte: Sacolão Virtual BH.

O mercado interno de produtos minimamente processados representou U\$ 300 mi do PIB brasileiro em 2016. A cenoura tem grande representatividade neste mercado, pois é uma das hortaliças minimamente processadas mais consumidas (Confederação da Agricultura e Pecuária no Brasil, 2018).

Segundo a EMBRAPA (2011), o processamento mínimo de vegetais compreende as etapas de pré-resfriamento e armazenamento refrigerado,

lavagem do produto inteiro, corte, lavagem e sanitização, centrifugação, embalagem, armazenamento para distribuição e comercialização.

3.3 TECNOLOGIAS USADAS NA REDUÇÃO DA CARGA MICROBIANA E CONSERVAÇÃO

É grande a variedade de microrganismos que podem estar inicialmente presentes nos alimentos e desenvolverem-se caso as condições sejam favoráveis. Tendo em vista a suscetibilidade à deterioração, os alimentos são classificados em não perecíveis (estáveis), semiperecíveis e perecíveis. Devido à fatores intrínsecos, como pH e atividade de água, vegetais minimamente processados são considerados perecíveis (FORSYTHE, 2010).

Atualmente, a sanitização com hipoclorito de sódio é o principal procedimento utilizado para a redução da carga microbiana e é a primeira etapa da linha de processo que deve ser feita em área limpa. Se usa entre 100 e 150 ppm de cloro na solução sanitizante, porém alguns vegetais são sensíveis ao cloro (EMBRAPA, 2011).

Pode-se citar alguns métodos bastante utilizados para conservação: Aditivos químicos (ácido benzoico, ácido sórbico, dióxido de enxofre, sulfitos, nitritos e nitratos). Embalagens com atmosfera modificada é um procedimento em que há alteração física (embalagem à vácuo) ou química (embalagem preenchida por CO₂, N₂, entre outros) da atmosfera em que se encontra o alimento. Radiação (luz ultravioleta, radiação gama, micro-ondas entre outros). Conservação sob baixas temperaturas (temperatura mínima de crescimento e congelamento). Exposição à altas temperaturas para reduzir a carga microbiana. Secagem para reduzir a água livre.

3.4 LUZ UVC

O espectro eletromagnético é constituído por ondas eletromagnéticas com comprimentos de onda que variam em uma faixa extremamente ampla. As várias faixas de comprimento de onda ou frequência deste espectro foram denominadas como luz visível ou apenas luz, radiação infravermelha, radiação ultravioleta, ondas de rádio, radiação X, radiação gama e micro-ondas. A radiação infravermelha foi a primeira a ser descoberta depois da luz visível, em 1880. Após foram descobertas a radiação ultravioleta, em 1881, as ondas de

rádio, em 1888, a radiação X, em 1995, a radiação gama, em 1900 e as micro-ondas, em 1932 (OKUNO e VILELA, 2005).

Duclaux, em 1885 e Ward, em 1892, demonstraram que a radiação ultravioleta possuía efeito bactericida e em 1900, Bie e Bang, estabeleceram que ondas eletromagnéticas com comprimento abaixo de 300 nm apresentavam mais eficiência para exterminar células bacterianas (OKUNO e VILELA, 2005).

A faixa do espectro que compreende a radiação ultravioleta, foi dividida em UVA (radiação de ondas longas), UVB (Radiação de ondas médias) e UVC (radiação de ondas curtas), a este último, atribuiu-se a característica germicida por sua maior eficiência em células bacterianas (OKUN e VILELA, 2005).

Quadro 1 - Separação do espectro eletromagnético em faixas.

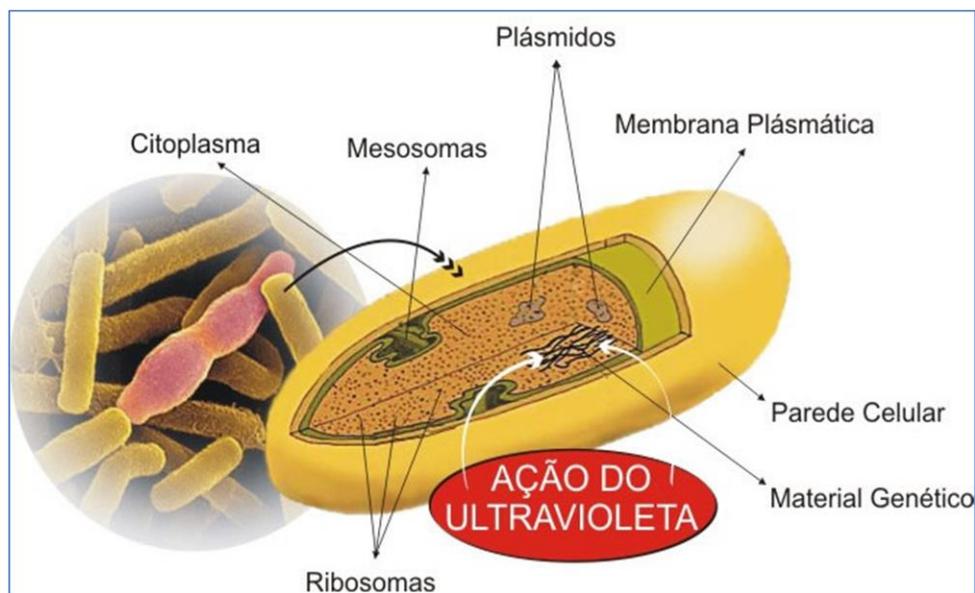
Radiação Eletromagnética		Frequência	Comprimento de Onda
Raios X e Gama		> 3 PHz	< 100 nm
Ultravioleta	UVC	3 PHz - 1,07 PHz	100 nm - 280 nm
	UVB	1,07 PHz - 0,952 PHz	280 nm - 315 nm
	UVA	0,952 PHz - 0,75 PHz	315 nm - 400 nm
Luz Visível		0,75 PHz - 0,428 PHz	400 nm - 700 nm
Infravermelho		385 THz – 300 GHz	780 nm – 1,0 mm
Micro-ondas		300 GHz 300 MHz	1 mm – 1 m
Radiofrequência		300 GHz – 10 KHz	1 mm – 30 km
Frequência Extremamente Baixa		300 Hz – 0 Hz	30 km - ∞
k (quilo)= 10 ³ ; M (mega)= 10 ⁶ ; G (giga)= 10 ⁹ ; T (tetra)= 10 ¹² ; P (peta)= 10 ¹⁵			

Fonte: OKUNO; VILELA (2005).

A radiação ultravioleta, comumente designada luz ultravioleta (UV) é um agente bactericida poderoso, sendo o comprimento de onda mais eficiente em torno de 260 nm. A luz UV é uma radiação não-ionizante, a qual é absorvida pelas proteínas e pelos ácidos nucleicos, produzindo modificações fotoquímicas letais para os microrganismos, conforme Figura 2. A radiação UV causa

mutações nos ácidos nucleicos levando a morte da célula bacteriana. Este tratamento possui baixa capacidade de penetração, limitando seu uso a superfície de alimentos, onde pode catalisar reações de oxidação, levando à rancidez e outras reações. Ainda pode produzir pequenas quantidades de ozônio ao entrar em contato com as células vegetais pode ser utilizada na superfície de tortas de frutas e outros produtos do gênero antes da embalagem (JAY, 2005).

Figura 2. Representação da ação da luz UVC na célula bacteriana.



Fonte: Akari lâmpadas especiais, seção de aplicações.

Apesar de ter efeito bactericida sobre a maioria dos microrganismos, a radiação UV encontra resistência em alguns, tais como os príons (abreviação para pequenas partículas infecciosas) que são proteínas infecciosas incultiváveis e têm período de incubação longo que pode durar meses ou anos (FORSYTHE, 2010).

4. METODOLOGIA

4.1 LOCAL

Os tratamentos e análises foram realizados nos laboratórios de apoio e de microbiologia (C004 e C006) do departamento de alimentos da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, campus de Campo Mourão (UTFPR-CM).

Os materiais utilizados nas análises são os disponibilizados na UTFPR-CM. Foi utilizado uma análise gerada por um equipamento de análise radiométrica e disponibilizada pela UEM (Universidade Estadual de Maringá).

4.2 AMOSTRAS

As amostras foram adquiridas em um supermercado em Campo Mourão e estavam disponibilizadas à granel. A cenoura foi cortada em rodela de aproximadamente 0,5 cm de espessura para serem tratadas e analisadas.

4.3 APLICAÇÃO DE LUZ UVC

Para aplicação de luz UVC na cenoura foi utilizado um protótipo de desinfecção por luz UV desenvolvido através da parceria entre os cursos de Engenharia Eletrônica e Engenharia de Alimentos da UTFPR de Campo Mourão conforme a Figura 3. Este protótipo é composto por uma estrutura que não permite o contato com o ambiente externo, uma lâmpada de Led UVC fixada na parte superior e três lâmpadas fixadas nas laterais e uma grelha metálica onde foi acondicionado as amostras na parte média do aparelho possibilitando a exposição da superfície do alimento à luz.

A distância da fonte de luz UVC localizada acima da amostra foi de 8,5 cm, sendo irradiada por esta e mais três lâmpadas dispostas nas laterais, todas de 200 mW, obtendo uma irradiância de aproximadamente 0,56 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ para a lâmpada de 265 nm e 0,16 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ para a lâmpada de 280 nm.

Figura 3. Protótipo para aplicação de luz UVC.



Fonte: Svistak (2018).

O tratamento da cenoura pela exposição ao Led UVC se deu em duas amostras de 10 g cada, sendo a primeira exposta ao comprimento de onda de 265 nm por 25 minutos, denominado UVC 1 e a segunda exposta ao comprimento de onda de 280 nm pelo mesmo tempo, denominado UVC 2.

4.4 TRATAMENTO CONVENCIONAL

A sanitização foi feita pela imersão da cenoura em solução contendo cloro, com concentração entre 100 e 150 mg/L de cloro ativo em água limpa com temperatura de 5° C, por aproximadamente 10 minutos (SEBRAE, 2008).

4.5 ANÁLISE MICROBIOLÓGICA

De acordo com a ANVISA, o padrão microbiológico para raízes “*in natura*” ao qual se enquadra a cenoura, está apresentado na Quadro 2.

Quadro 2 - Padrão microbiológico em amostra indicativa de raízes frescas, "*in natura*", preparadas (descascadas ou selecionadas ou fracionadas) sanificadas, refrigeradas ou congeladas, para consumo direto (ANVISA, 2001).

Microrganismo	Tolerância para amostra indicativa
Coliformes a 45°C/g	10 ³ UFC/g
<i>Salmonella</i> /25g	Aus

4.5.1 Análise de Psicotróficos

Para análise de psicotróficos foi feita a diluição de 10 g da amostra de cada tratamento em 90 mL de água peptonada 0,1%, em seguida com auxílio de pipeta, diluiu-se 1 mL de amostra da diluição inicial em tubos com 9 mL de água peptonada, repetindo o processo sucessivamente a partir de cada diluição, até atingir a diluição de 10⁻³. Inoculou-se em duplicata as amostras com 1 mL dos tubos de diluição em placas de Petri separadas e estéreis, verteu-se aproximadamente 20 mL de meio PCA em cada placa e após a completa solidificação do meio, incubou-se as placas invertidas a 7°C por 10 dias. Com auxílio de um contador de placas, após o período de incubação, foi feita a contagem de unidades formadoras de colônia das placas apresentando o resultado em log de UFC/g no Quadro 3 (SILVA et al., 1997).

4.5.2 Análise de Coliformes a 45° C

A análise de coliformes a 45° C foi realizada somente para a condição que apresentou o melhor resultado de contagem de psicotróficos. Esta análise foi realizada em triplicata, para tal, foi feita a diluição de 25 g de cada amostra em 225 mL de água peptonada 0,1%, em seguida com auxílio de pipeta diluiu-se 1 mL de amostra da diluição inicial em tubos com 9 mL de água peptonada, repetiu-se o processo sucessivamente a partir de cada diluição, até atingir a diluição de 10⁻³. Inoculou-se em triplicata as amostras com 1 mL dos tubos de diluição em tubos com 9,0 mL de caldo Lauril Sulfato Triptose (LST). Incubou-se os tubos em banho maria a 35° C por 48 horas e verificou-se se há crescimento e produção de gás. Dos tubos que apresentaram crescimento com gás transferiu-se uma alçada bem carregada de cada cultura para tubos de caldo *E. Coli* (EC). Incubou-se em banho maria a 45,5° C por 24 horas e observou-se se há crescimento com

formação de gás. Com os tubos positivos, foi determinado a contaminação da amostra indicativa (SILVA et al., 1997).

4.5.3 Análise de *Salmonella*

A análise de *Salmonella* foi realizada somente para a condição que apresentou o melhor resultado de contagem de psicotróficos. Para esta análise, foi feita a diluição de 25 g da amostra em 225 mL de água peptonada 1% em frascos de homogeneização, em seguida, incubou-se o frasco a 35° C por 18-24h, com a tampa ligeiramente afrouxada. Após isso, agitou-se delicadamente o frasco e transferiu-se 0,1 mL para tubo de 10,0 mL de caldo *Rappaport* e 1,0 mL para tubo de 10,0 mL de caldo Selenito Cistina (SC). Incubou-se ambos a 41° C por 24 horas. Após isso, agitou-se os tubos em agitador tipo vortex e estriou-se uma alçada de caldo *Rappaport* em placas de ágar entérico de hectoen (HE) e ágar verde brilhante vermelho de fenol lactose sacarose (BPLS). Repetiu-se este procedimento com caldo SC. Incubou-se as placas invertidas a 35° C por 24 horas e verificou-se que não houve desenvolvimento de colônias típicas de *Salmonella*, determinando o resultado do teste indicativo (SILVA et al., 1997).

4.6 ANÁLISE DE pH

O pH foi determinado na amostra sem tratamento, com tratamento convencional e com tratamento sob luz UVC 265 nm, utilizando um phmetro eletrométrico modelo mPA-210, segundo o método do Instituto Adolfo Lutz (ZENEBO et al., 2008). Seus resultados estão expressos no Quadro 3.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 CONTAGEM DE MICROORGANISMOS PSICOTRÓFICOS, COLIFORMES A 45° C E *Salmonella*

Avaliando os resultados da inativação microbiana (Tabela 3), é possível observar que houve diferença na contagem de microrganismos psicotróficos entre os tratamentos, principalmente entre o tratamento UVC-1 e UVC-2. Nota-se ainda, que o tratamento UVC-1 se mostrou mais eficiente que o tratamento convencional (sanitização).

Quadro 3 - Análise do pH e psicrotróficos.

Tipo de Tratamento	Contagem de Psicrotróficos	Análise do pH
Amostra sem Tratamento	4,48 ± 0,06 ^A	6,15 ± 0,32 ^A
Convencional (sanitização com água clorada)	2,79 ± 0,07 ^B	6,20 ± 0,00 ^A
UVC 1 (265 nm)	2,23 ± 0,11 ^C	6,30 ± 0,00 ^A
UVC 2 (280 nm)	3,19 ± 0,02 ^D	6,25 ± 0,32 ^A

Resultados expressos como média Log UFC/g ± desvio padrão. Letras diferentes na mesma coluna indicam que os valores diferem significativamente ($p < 0,05$; teste de Tukey).

Segundo Jay (2005), o efeito bactericida da luz ultravioleta é mais eficiente utilizando-se ondas de aproximadamente 265 nm. Outros estudos obtiveram resultados que convergem com os observados. Gogo et al. (2017) observou que a contagem de microrganismos e leveduras foi significativamente menor em folhas de amaranço e beladona africana tratadas com UVC de 254 nm em relação ao controle até o quarto dia depois da aplicação, porém não foi observado diferenças significativas entre as amostras durante o armazenamento.

Notou-se redução de aeróbios psicrotróficos de até 2,0 unidades logarítmicas em relação à amostra sem tratamento. Em outro estudo realizado com cenouras, o efeito da combinação de UVB e UVC com distância de aproximadamente 18 cm da fonte luminosa resultaram no aumento dos teores de compostos fenólicos e redução da carga de aeróbios mesófilos de 3,0 unidades logarítmicas (FORMICA-OLIVEIRA et al., 2017).

O tratamento de UVC 1 (265 nm), se mostrou mais eficiente que o tratamento UVC 2 (280 nm). Murata e Osakabe (2013) acreditam que a inativação de microrganismos por UVC segue basicamente a lei de reciprocidade Bunsen-Roscoe, que afirma que o efeito fotoquímico depende apenas da dose total de energia, isto é, da relação da irradiância e o tempo de exposição.

Houve dificuldade pela falta de um método padrão estabelecido para a medição da dose de UVC associada às lâmpadas UVC. Esta questão demonstra a importância de protocolos padrão para inativação de microorganismos utilizando esta tecnologia em vegetais.

Testes mostram que há maior eficiência na irradiação da amostra quando estas estão posicionadas a 6 cm da fonte de luz UVC, obtendo uma irradiância de $0,27 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ com uma lâmpada de comprimento de onda de 265 nm (figura 4) e $0,07 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ com uma lâmpada de comprimento de onda de 280 nm (figura 5), sendo que em ambos os comprimentos de onda, a irradiância é inversamente proporcional à distância. Isso ajuda a justificar a diferença na contagem de microorganismos entre os tratamentos UVC 1 e UVC 2, supondo que há maior irradiância no primeiro.

Figura 4. Análise radiométrica para lâmpada de 265 nm em Espectrorradiômetro Gooch & Housego, OL 756.

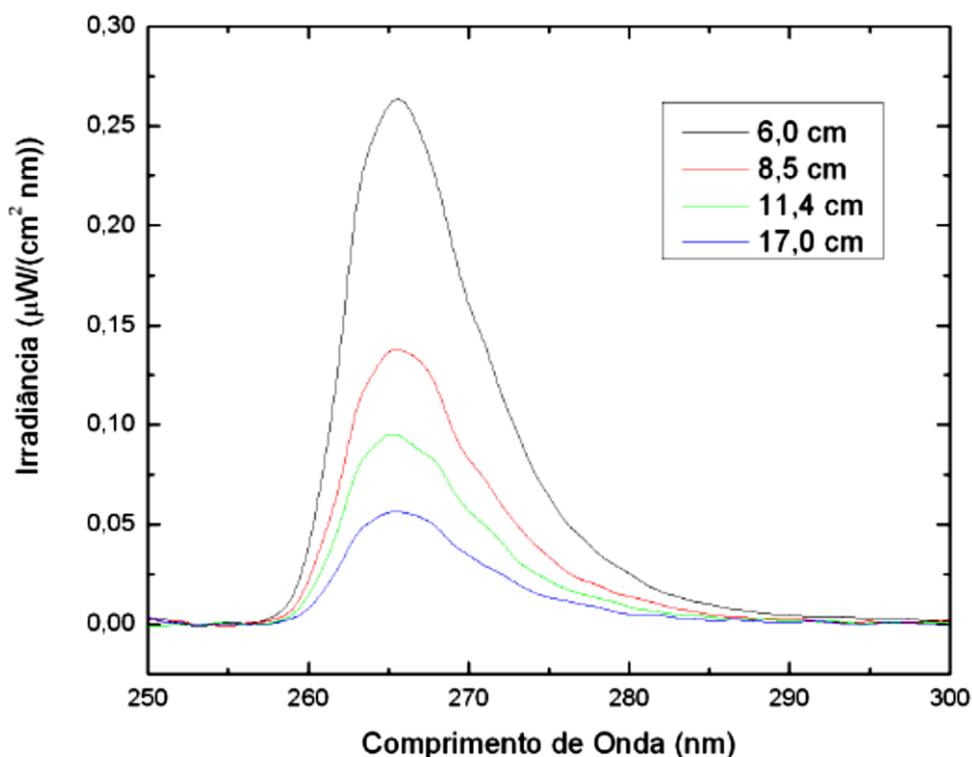
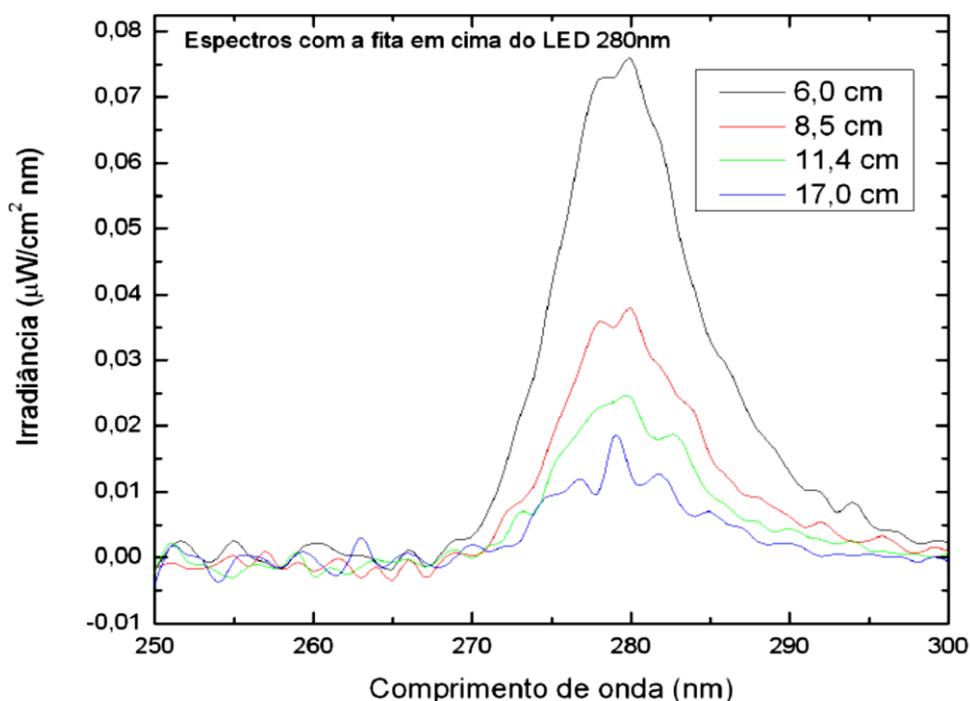


Figura 5. Análise radiométrica para lâmpada de 280 nm em Espectrorradiômetro Gooch & Housego, OL 756.



Acredita-se que a radiação UVC tenha efeitos germicidas ao agir diretamente no DNA de microrganismos, levando à formação de dímeros de pirimidina e impedindo-os de se reproduzirem sem etapas intermediárias (CHATTERLEY e LINDEN, 2010). A Radiação UVC induz dano direto no DNA, mas tais danos podem ser reparados pela enzima fotoliase (CHEVREMONT et al., 2012).

Costa et al. (2006), relata ainda que o tratamento UVC diminui a senescência inibindo enzimas e ajuda a manter a capacidade antioxidante de vegetais, principalmente após o quinto dia de armazenamento, onde os níveis de antioxidante se mantiveram consideravelmente acima da amostra controle. Enzimas de reparação do DNA dos microrganismos podem ser danificadas principalmente pelo comprimento de onda de 280 nm (KALISVAART, 2004).

Em relação a contagem de coliformes a 45° C e *Salmonella*, obteve-se resultados dentro do padrão estabelecido pela ANVISA, expressos no Quadro 4.

O objetivo desta análise foi verificar se o tratamento geraria perigo à saúde e se estaria de acordo com os padrões legais vigentes. Como as amostras estavam disponibilizadas a granel, aplicou-se o plano de duas classes, visando analisar se os resultados se encontravam dentro da tolerância para amostra indicativa (ANVISA, 2001).

Quadro 4 – Resultado da análise de *Salmonella* e coliformes a 45° C em amostras de cenoura minimamente processadas tratadas com luz UVC 265 nm.

Microrganismo	Amostra Indicativa
Coliformes a 45°C/g	10 ² UFC/g
<i>Salmonella</i> em 25g	Aus

Verifica-se que o tratamento realizado nas amostras não gera risco microbiológico segundo a ANVISA, 2001. Obtiveram-se resultados aceitáveis na análise de coliforme termotolerantes tratadas por UVC para amostras indicativas. Nesse sentido, estudos realizados por Mondardo (2015) com aplicação de luz UV em amostras de amido de mandioca, constataram que o tratamento foi eficiente na redução de microrganismos como bacilus, bolores e leveduras, coliformes termotolerantes e mesófilos reduzindo também a senescência destes produtos vegetais e convergem com os resultados do presente estudo.

6. CONCLUSÃO

O estudo demonstra a possibilidade do uso de dosagens UVC para melhoria da qualidade em cenoura minimamente processada de forma eficiente, diminuindo a carga microbiana nas amostras. Com aperfeiçoamento de equipamentos e mais estudos, é possível idear novos métodos para modernizar processos que reduzam os riscos à saúde humana e preservem por mais tempo produtos vegetais.

As análises demonstraram que o tratamento UVC não altera significativamente o pH, contudo, foram satisfatórios os resultados das análises na redução de microrganismos psicrotróficos, apresentando a tecnologia como uma possível alternativa ao tratamento convencional, apesar de mais testes serem necessários para tal.

7. REFERÊNCIAS

AKARI Lâmpadas especiais. **Introdução a luz UVC**. Disponível em: <<https://www.akarilampadas.com.br/aplicacoes/introducao-a-luz-ultravioleta-uv-c.php>>. Acesso em: 16 jun. 2018.

BARBOSA, F. D. **Desenvolvimento de um sistema de radiação pulsada com Leds UV-C para redução de patógenos pós-colheita e manutenção da qualidade de produtos agrícolas**. 2015. 89 f. Tese (Doutorado) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

BRASIL. Resolução RDC nº 12 de 2 de janeiro de 2001. Aprova o “**Regulamento técnico sobre padrões microbiológicos para alimentos**”. ANVISA - Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Disponível em: <http://portal.anvisa.gov.br/documents/33880/2568070/RDC_12_2001.pdf/15ffd6-3767-4527-bfac-740a0400829b>. Acesso em: 20 jun. de 2018.

CEASA PARANÁ. **Cenoura: Produção, Mercado e Preços no CEASA-PR**; Boletim Técnico 04. Paraná, 2017. Disponível em: <http://www.ceasa.pr.gov.br/arquivos/File/BOLETIM/Boletim_Tecnico_Cenoura.pdf>. Acesso em: 23 out. 2018.

CENCI, S. A.; GOMES, OLIVEIRA, C. A.; ALVARENGA, A. L. B.; JUINIOR, M. F. Boas Práticas de Processamento Mínimo de Vegetais na Agricultura Familiar. In: FENELON DO NASCIMENTO NETO. **Recomendações Básicas para a Aplicação das Boas Práticas Agropecuárias e de Fabricação na Agricultura Familiar**. 1a ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2006, p. 59-63.

CHATTERLEY, C. LINDEN, K. **Demonstration and evaluation of germicidal UVLEDs for point-of-use water disinfection**. J. Water Health 8 (3), 2010. p. 479, 486.

CHEVREMONT, A. C. Farnet, A. M. Coulomb, B. Boudenne, J. L. **Effect of coupled UV-A and UV-C LEDs on both microbiological and chemical pollution of urban wastewaters**. Sci. Total Environ, 2012. p. 426, 304, 310.

Confederação da Agricultura e Pecuária no Brasil. **Mapeamento e Quantificação da Cadeia Produtiva das Hortaliças**. Brasília: CNA, 2017. Disponível em: <http://www.cnabrasil.org.br/sites/default/files/sites/default/files/uploads/mapeamento_e_quantificacao_da_cadeia_de_hortaliças.pdf>. Acesso em: 17 out. 2018.

COSTA, L. VICENTE, A. R. CIVELLO, P.M. CHAVES, A. R. MARTÍNEZ, G. A. UV-C treatment delays postharvest senescence in broccoli florets. **Postharvest Biology and Technology**. La Plata, Elsevier, 2005.

EMBRAPA. **Retrospectiva e Situação Atual da Cenoura no Brasil**. Brasília, 2008. Disponível em: <https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Repositorio/ct_59_000gvl36ee402wx7ha0g934vgonney4c.pdf>. Acesso em: 21 out. 2018.

EMBRAPA. Etapas do Processamento Mínimo de Frutas e Hortaliças. In: **Processamento Mínimo de Frutas e Hortaliças: Tecnologia, qualidade e sistemas de embalagem**. Rio de Janeiro: 2011. p. 20-26. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/67668/1/2011-083.pdf>>. Acesso em: 23 out. 2018.

ESKIN, M.N.A.; SHAHIDI, F. **Biochemistry of Foods**. 3. ed. Elsevier, 2013.

FELLOWS, P. J. **Tecnologia do Processamento de alimentos; Princípios e Prática**; tradução Forência Clareda Oliveira et al. 2. ed. Porto Alegre: Artmed, 2006.

FORMICA-OLIVEIRA, A. C.; MARTÍNEZ-HERNÁNDEZ, B.; DÍAZLOPEZ, V.; ARTÉS, F.; ARTÉS-HERNÁNDEZ, F. **Effects of UV-B and UV-C combination on phenolic compounds biosynthesis in fresh-cut carrots**. *Postharvest Biology and Technology*, v. 127, p. 99–104, 2017.

FORSYTHE, S. J. **Microbiologia da segurança dos alimentos**. 2. Ed. Porto Alegre: Artmed, 2010, p. 83.

GAVA, A. J., SILVA, C. A. B., FRIAS, J. R. G. **Tecnologia dos alimentos: princípios e aplicações**. 1. ed. São Paulo: NOBEL, 2008, p. 501.

GOGO, E.O. OPIYOC, A.M. HASSENBERG, K. ULRICHSA, C. HUYSKENS, S. Postharvest UV-C treatment for extending shelf life and improving nutritional quality of African indigenous leafy vegetables. **Postharvest Biology and Technology**. Berlin, 129. ed., 107-117, Elsevier, 2017.

JAY, J. M. **Microbiologia de Alimentos**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2005.

MURATA, Y. OSAKABE, M. The Bunsen-Roscoe reciprocity law in ultraviolet-B-induced mortality of the two spotted spider mite *Tetranychus urticae*. *J. Insect Physiol*, 59(3), 2013. p. 241-247.

KALISVAART, B. F. **Re-use of wastewater: preventing the recovery of pathogens by using medium-pressure UV lamp technology**. *Water Sci. Technol.* 50 (6), 2004. p. 337, 344.

MONDARDO, A; A. **Estudo dos efeitos da luz ultravioleta para redução microbiológica em amido de mandioca**, 2015. Dissertação de Mestrado – Programa de Pós-Graduação em Energia na Agricultura. Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel. 2015. Disponível em: <http://portalpos.unioeste.br/media/File/energia_agricultura/Dissertacao_Andrei_Mondardo.pdf>. Acesso em: 05 nov. 2018.

OKUNO, E. VILELA, M. A. C. **Radiação Ultravioleta**: características e efeitos. 1. ed. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2005. p. 9-34. Disponível em: <https://books.google.com.br/books?id=D5s-OqzInikC&printsec=copyright&hl=pt-BR&source=gbs_pub_info_r#v=onepage&q&f=false> Acesso em: 19 out. 18.

SACOLÃO VIRTUAL BH. **Seção de processados**; cenoura em rodela. Disponível em: < <http://www.sacolaovirtualbh.com.br/processados.asp>>. Acesso em: 05 nov 18.

SEBRAE (Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas). **Hortaliças minimamente processadas. Estudos de Mercado**. 2008. P. 84.

SENAI (Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial). **Conservação de Alimentos**. São Paulo: SENAI-SP, 2014.

SILVA, N; JUNQUEIRA, V. C. A.; SILVEIRA, N. F. A. **Manual de métodos de análise microbiológica de alimentos**. 2ª Edição. São Paulo, 1997.

SOUZA, J. F. de. **Utilização de luz ultravioleta contínua (UV-C) e luz pulsada para conservação de mangas cv. Tommy Atkins minimamente processadas**. 2012. 136 f. Tese (Doutorado) - Universidade Estadual Paulista "Júlio Mesquita Filho, Jaboticabal.

SPAGNOL, W. A; PARK, K. J; SIGRIST, J. M. M. Taxa de respiração de cenouras minimamente processadas e armazenadas em diferentes temperaturas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 26, 3, p 495, 2006.

ZENEBON, O., PASCUET, N. S., TIGELA, P. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. 4. ed. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008.