



AMANDA CAROLINA DE SOUZA AMADOR

**USO DA RADIAÇÃO UV-C COMO GARANTIA DE
SEGURANÇA MICROBIOLÓGICA EM PRESUNTOS
FATIADOS APLICÁVEL A ESTABELECIMENTOS DE VENDA**

LAVRAS - MG

2020

AMANDA CAROLINA DE SOUZA AMADOR

**USO DA RADIAÇÃO UV-C COMO GARANTIA DE
SEGURANÇA MICROBIOLÓGICA EM PRESUNTOS
FATIADOS APLICÁVEL A ESTABELECIMENTOS DE VENDA**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência dos Alimentos para obtenção do título de Mestre.

Orientador

Dra. Alcinéia de Lemos Souza Ramos

LAVRAS – MG

2020

**Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da Biblioteca
Universitária da UFLA, com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).**

Amador, Amanda Carolina de Souza.

Uso da radiação UV-C como garantia de segurança
microbiológica em presuntos fatiados aplicável a estabelecimentos
de venda. / Amanda Carolina de Souza Amador. - 2020.

41 p. : il.

Orientador(a): Alcinéia de Lemos Souza Ramos.

Dissertação (mestrado acadêmico) - Universidade Federal de
Lavras, 2020.

Bibliografia.

1. produtos cárneos *ready-to-eat*. 2. qualidade. 3. inativação
microbiana. I. Ramos, Alcinéia de Lemos Souza. II. Título.

AMANDA CAROLINA DE SOUZA AMADOR

**USO DA RADIAÇÃO UV-C COMO GARANTIA DE
SEGURANÇA MICROBIOLÓGICA EM PRESUNTOS
FATIADOS APLICÁVEL A ESTABELECIMENTOS DE VENDA**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência dos Alimentos para obtenção do título de Mestre.

APROVADA em 13 de novembro de 2020.

Dr. Eduardo Mendes Ramos

UFLA

Dr. Aureliano Claret da Cunha

UFOP

Dra. Alcinéia de Lemos Souza Ramos

Orientadora (UFLA)

LAVRAS – MG

2020

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, pela sua presença em todos os momentos da minha vida.

À Universidade Federal de Lavras, em especial ao Departamento de Ciência dos Alimentos, pela oportunidade de formação acadêmica e por propiciar um ambiente agradável e amigável no qual pudesse desenvolver minhas atividades. O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001. Pela concessão da bolsa de Pesquisa, agradeço. À Fundação para a Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG; APQ-03315-17), pelo financiamento do projeto.

A minha orientadora, professora Alcinéia, pelo seu tempo dedicado e empenho em me conduzir na realização deste trabalho.

A todos membros do LabCarnes, pela colaboração, pelo incentivo e pelos momentos de distração.

Aos meus amigos, por todo apoio e companheirismo na vida fora e dentro da universidade. Obrigada Lucas e Sâmia, pelo auxílio na condução de análises e por se apresentarem sempre disponíveis. Agradeço de forma especial à Ana Paula, pelo incontestável apoio e incentivo em todas as etapas de desenvolvimento e pelo encorajamento e auxílio, essenciais para finalização deste trabalho.

E aos meus pais, pelo amor incondicional, combustível essencial na minha vida e que me fez chegar até aqui e ir ainda mais longe.

RESUMO

Produtos cárneos curados e cozidos prontos para o consumo (*ready-to-eat*), como o presunto, fatiados no local de venda, é uma opção conveniente de alimento prático. No entanto, o manuseio deste produto após o processamento aumenta o risco de contaminação e desenvolvimento de patógenos, de modo que novas tecnologias têm sido buscadas para garantir sua segurança. Assim, neste estudo, o objetivo foi avaliar os efeitos da aplicação de radiação UV-C nas seguintes doses: 0, 082; 0,164; 0,493; 0,987 J / cm² em presunto fatiado embalado em bandejas revestidas por filme de policloreto de vinila (PVC) sobre a sobrevivência de *Listeria monocytogenes* e sobre a qualidade tecnológica e microbiológica do produto ao longo da estocagem refrigerada (4 °C). A radiação UV-C foi eficaz na redução de *L. monocytogenes*, promovendo a redução de 1 ciclo logarítmico em doses menores que 0,2 J/cm². Doses maiores que 0,49 J/cm² promovem uma redução dos microrganismos mesófilos e psicrotróficos, sendo observada uma menor multiplicação durante a estocagem refrigerada. Não houve (P > 0,05) efeito da radiação UV-C sobre os valores de pH e os índices de cor instrumentais (CIELAB) do presunto embalado no período avaliado. Observou-se uma descoloração (*fading*) da cor dos produtos ao longo da estocagem, sendo diferente entre as fatias dispostas dentro da embalagem. Pode-se concluir que a aplicação de radiação UV-C em presuntos fatiados ainda embalados é uma tecnologia eficaz para reduzir os riscos microbianos do processo de fatiamento em estabelecimentos de venda, sem trazer prejuízos à qualidade do produto.

Palavras-chaves: produtos cárneos *ready-to-eat*, qualidade, inativação microbiana.

ABSTRACT

Ready-to-eat cured and cooked meat products such as ham, sliced at the point of sale, is a convenient food option. However, handling this product after processing increases the risk of contamination and pathogen development, so new technologies have been sought to ensure its safety. Thus, this study aimed to evaluate the effects of applying UV-C radiation at the following doses: 0.082; 0.164; 0.493; 0.987 J / cm² in sliced ham packed in trays coated with polyvinyl chloride (PVC) film on the survival of *Listeria monocytogenes* and on the technological and microbiological quality of the product during refrigerated storage (4°C). UV-C radiation was effective in reducing *L. monocytogenes*, promoting a reduction of 1 logarithmic cycle at doses lower than 0.2 J/cm². Doses greater than 0.49 J/cm² promote a reduction in mesophilic and psychrotrophic microorganisms, with a smaller multiplication observed during refrigerated storage. There was no ($P > 0.05$) effect of UV-C radiation on the pH values and instrumental color indices (CIELAB) of the packaged ham in the period evaluated. There was a discoloration (fading) on the color of the products during storage, being different between the slices arranged inside the package. It can be concluded that the application of UV-C radiation on sliced hams still packaged is an effective technology to reduce the microbial risks of the slicing process in retail establishments without harming the quality of the product.

Keywords: ready-to-eat meat products, quality, microbial inactivation.

SUMÁRIO

| | |
|--|----|
| 1 INTRODUÇÃO | 8 |
| 2 REVISÃO DA LITERATURA..... | 9 |
| 2.1. Produtos cárneos prontos para consumo | 9 |
| 2.1.1. Presunto Cozido | 10 |
| 2.2. <i>Listeria monocytogenes</i> | 11 |
| 2.3. Radiação..... | 13 |
| 2.3.1. Radiação Ultravioleta..... | 14 |
| 2.4. Efeitos da luz UV em carne e produtos cárneos..... | 18 |
| 3 MATERIAL E MÉTODOS | 20 |
| 3.1 Equipamento e Processo de radiação UV-C..... | 20 |
| 3.2 Elaboração do presunto cozido | 21 |
| 3.3 Avaliação da suscetibilidade da <i>Listeria monocytogenes</i> à radiação UV-C | 21 |
| 3.3.1. Inativação <i>in vitro</i> | 21 |
| 3.3.2. Inativação no presunto fatiado | 22 |
| 3.4 Avaliação da UV-C nas características tecnológicas e microbiológicas do presunto fatiado durante o armazenamento | 22 |
| 3.4.1. Avaliação da cor instrumental das fatias de presunto cozido..... | 23 |
| 3.4.2. Determinação do pH das fatias de presunto cozido | 24 |
| 3.5. Análise Estatística | 24 |
| 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO | 25 |
| 4.1 Inativação de <i>Listeria monocytogenes</i> pela radiação UV-C | 25 |
| 4.1.1 Inativação <i>in vitro</i> | 25 |
| 4.1.2 Inativação no presunto cozido..... | 26 |
| 4.2 Efeito da UV-C na qualidade dos presuntos fatiados durante o armazenamento..... | 28 |
| 5 CONCLUSÃO | 35 |
| 6 REFERÊNCIAS..... | 36 |

1 INTRODUÇÃO

Os consumidores buscam, atualmente, por produtos convenientes, seguros, e com qualidade em termos de sabor, textura e aparência. Diante da necessidade em oferecer ao consumidor produtos mais práticos para o seu dia a dia, os produtos cárneos prontos para o consumo (Ready-to-eat - RTE), fatiados no local de venda, tornam-se uma opção. No entanto, o manuseio do produto aumenta o risco de contaminação, pela probabilidade de ocorrer condições higiênicas inadequadas em operações de fatiamento ou embalagem.

As tecnologias não convencionais de conservação já vêm sendo empregadas pela indústria alimentícia em produtos *ready-to-eat*, como forma de minimizar os riscos associados à contaminação do produto. No entanto, muitos produtos cárneos RTE são porcionados nos estabelecimentos de venda, não havendo nenhuma tecnologia que minimize o risco de contaminação desses produtos. Esses produtos possuem um grande alcance com boa parte da população, por isso deve existir uma preocupação em oferecer ao consumidor um produto que não coloque em risco a sua saúde.

Listeria monocytogenes é um microrganismo patogênico que está amplamente distribuído no ambiente e pode contaminar produtos cárneos prontos para o consumo através de contaminação cruzada devido ao equipamento utilizado no fatiamento. Assim, a aplicação de um tratamento não térmico, como a radiação UV-C, para descontaminação de produtos já embalados tem sido considerada interessante.

A radiação UV-C é uma tecnologia de conservação não térmica que tem sido empregada na desinfecção de superfícies, água, ar e alimentos. A radiação ultravioleta tem como um dos mecanismos de ação provocar danos ao DNA dos microrganismos. No entanto, poucos estudos demonstram a efetividade da radiação UV-C em alimentos sólidos, especialmente naqueles já embalados.

Dessa forma, no presente trabalho o objetivo foi avaliar o efeito da radiação UV-C quanto à redução de *Listeria monocytogenes in vitro* e em presuntos fatiados, redução de microrganismos mesófilos e psicrotróficos e manutenção das características físicas e químicas no produto irradiado.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1. Produtos cárneos prontos para consumo

A carne é um alimento que se destaca por ser uma fonte importante de proteína de alto valor biológico, lipídios, vitaminas e minerais, essenciais para a dieta humana. Além das características listadas anteriormente, a carne fresca é mais perecível e por isso sua comercialização a longas distâncias torna-se difícil. Diante da necessidade de consumo e a dificuldade de distribuição, o homem tem procurado transformar carne em produtos com maior durabilidade. Os produtos cárneos tornam-se, no mundo contemporâneo, boas opções para o consumo dos nutrientes presentes na carne. É possível encontrar diversas opções de produtos à base de carne com diferentes composições e características sensoriais, entre eles os produtos prontos para consumo (HORITA et al., 2018).

De acordo com Instrução Normativa nº60 de 23 de dezembro de 2019, da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), alimento pronto para consumo se refere ao alimento proveniente da indústria de alimentos que não requer a adição de outros ingredientes, e para o qual não há indicação, previamente ao consumo, da necessidade de tratamento térmico efetivo ou outro processo de eliminação ou de redução de microrganismos de preocupação à saúde humana a níveis seguros.

As preferências dos consumidores nos últimos anos levaram ao desenvolvimento de uma ampla variedade de alimentos prontos para consumo. Produtos cárneos cozidos em pequenas porções, como em fatias, se destacam entre os alimentos oferecidos pela indústria cárnea (HIERRO et al., 2011).

O processo de fabricação de produtos prontos para consumo ocorre em temperaturas intermediárias que variam na faixa de 65-75 °C. Diferentemente de produtos enlatados, eles não são processados em altas temperaturas para esterilidade. Dessa forma alimentos prontos para consumo necessitam de refrigeração e são, geralmente, referidos como cortes frios (SPERBER; DOYLE, 2009).

Produtos cárneos prontos para o consumo estão sujeitos à contaminação devido à manipulação pós-processamento, tanto na indústria como no varejo. Diversos microrganismos

podem contaminar este tipo de alimento após operações como corte, fatiamento e embalagem, pois estarão presentes em ferramentas, manipuladores e equipamentos mecânicos (HIERRO et al., 2011). A contaminação que ocorre após o cozimento em produtos prontos para consumo, continua ainda durante a vida útil do produto, ocasionando sua deterioração e risco à saúde do consumidor devido às doenças relacionadas à presença de microrganismos (NIKMARAM et al., 2018).

Em relação aos produtos cárneos prontos para consumo, a legislação brasileira através da Resolução da Diretoria Colegiada (RDC) n° 331, da ANVISA, preconiza os padrões microbiológicos estabelecidos na Instrução Normativa n° 60, de 23 de dezembro de 2019 (BRASIL, 2019), que para presuntos prevê ausência de *Salmonella* em 25 gramas, contagem de *Clostridium perfringens* inferior a 10^2 UFC/g, Estafilococos coagulase positiva inferior a 10^2 UFC/g e *Escherichia coli* inferior a 10 UFC/g. Em adição aos padrões microbiológicos supracitados, os alimentos prontos para o consumo devem atender aos padrões microbiológicos para *Listeria monocytogenes* estabelecidos no Anexo II da mesma instrução normativa, devendo ser inferior a 10^2 UFC/25 g.

2.1.1. Presunto Cozido

De acordo com o Decreto N° 9.013 de 29 de março de 2017, do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), presunto é definido como “produto cárneo obtido exclusivamente do pernil suíno, curado, defumado ou não, com adição ou não de ingredientes, e submetido a processo tecnológico adequado”. Segundo o Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade (BRASIL, 2000), do MAPA, são considerados como ingredientes obrigatórios: carne de pernil suíno, sal, nitrito e/ou nitrato de sódio e/ou potássio em forma de salmoura. Como ingredientes opcionais, têm-se proteínas de origem animal e/ou vegetal, açúcares, maltodextrina, condimentos, aromas e especiarias e aditivos intencionais. Em relação às características físico-químicas o presunto cozido deve apresentar a relação umidade/proteína máxima de 5,35, no mínimo 14% de proteína e máximo de 2% de carboidratos.

De acordo com a Associação Brasileira dos Criadores de Suínos – ABCS, em 2019, foram produzidas 4,11 mil toneladas de carne suína, sendo o consumo *per capita* de 14,1 Kg. Do total produzido, 85,71% são destinados à venda em forma de cortes e 1,41% para embutidos (ABPA, 2020). Dentro dos embutidos, o presunto devido suas características sensoriais, como sabor e

aroma, é amplamente consumido, valorizado e estimado pelos consumidores como um produto nobre na indústria de carnes (SÁ et al., 2016).

Dentre as características intrínsecas do produto destaca-se: pH 5,9 a 6,1; atividade de água de 0,91 a 0,97; e teor mínimo de proteína de 14%. Esses parâmetros associadas às condições insatisfatórias de manipulação e armazenamento torna o produto susceptível ao crescimento microbiano (SERIO et al., 2009). Quando fatiado o produto aumenta sua superfície de contato com o oxigênio, fator esse que influencia a vida útil dos alimentos em decorrência ao seu efeito químico, como a oxidação lipídica, e por permitir o crescimento de microrganismos aeróbios (BRESSAN et al., 2007).

2.2. *Listeria monocytogenes*

Existem seis espécies conhecidas de *Listeria*: *L. monocytogenes*, *L. innocua*, *L. ivanovii*, *L. seeligeri*, *L. welshimeri*, *L. grayi* (CESAR et al., 2011). Das espécies conhecidas a *L. monocytogenes* desempenha papel importante de patógeno associado ao consumo de alimentos (MILILLO et al., 2012).

A *L. monocytogenes* caracteriza-se por ser uma bactéria aeróbia facultativa em forma de bastonete, não forma esporos, catalase-positivo, oxidase negativo, encontrada no solo, água, vegetais folhosos, efluentes de instalações de processamento de carne, leite não pasteurizado e do trato intestinal de muitos mamíferos (YANG; SADEKUZZAMAN; HA, 2017). Esse microrganismo torna-se preocupação em relação aos produtos cárneos prontos para o consumo, pois possui resistência à alta concentração salina, capacidade de sobreviver e crescer sob refrigeração, aerobicamente e anaerobicamente e em uma ampla gama de pH, de 4,6 a 9,4. Devido à capacidade de formação de biofilme, é um contaminante que pode ser encontrado no ambiente de processamento de alimentos. Além disso, o tratamento térmico, ao qual os produtos são submetidos, favorece o crescimento da *Listeria* pela ausência de competidores (BRASILEIRO et al., 2016).

A toxinfecção ocasionada pela *Listeria* possui alta taxa de mortalidade e requer uma baixa dose infectante para manifestar seus efeitos. A associação da doença e do possível microrganismo causador foi associada pela primeira vez em 1981, no Canadá. Diante disso, iniciou-se as pesquisas sobre a *L. monocytogenes* e sua patogenicidade. A indústria de alimentos e autoridades sanitárias

se esforçam para realizar o controle da contaminação dos alimentos por este microrganismo. Em países onde os surtos são notificados: Estados Unidos e Europa, novos casos continuam a ser registrados cuja tendência de aumento ocorre à medida que a população de idosos, imunocomprometidos, grávidas e crianças aumentam (RODRIGUES; SÁ; MELO, 2017). O Brasil, por sua vez, ainda não realiza a notificação dos surtos de listeriose de origem alimentar, sendo possível o conhecimento por pesquisas a respeito da presença do microrganismo em alimentos (ROSSI et al., 2011).

Ristori et al. (2014) ao analisarem a prevalência das populações e soro tipo de *L. monocytogenes* em 552 amostras compostas de carne moída, coxa de frango, salsicha, linguiça suína, coletadas na cidade de São Paulo – SP, Brasil, detectaram a presença de *Listeria* spp. em 85% do material e de *L. monocytogenes* em 48,7%.

A ocorrência de *Listeria* em linguiça frescal de carne suína e frango e o controle de *L. monocytogenes* por bacteriófago foi observada por Rossi et al. (2011). Em 15% de um total de 80 amostras foi detectada a presença de *Listeria* spp., das quais 3,75% foram positivas para *L. monocytogenes*. Durante o armazenamento (10 dias) houve aumento na população de *L. monocytogenes*, sendo comprovada a eficácia da utilização do bacteriófago na redução das contagens nos dias 0 e 10 de armazenamento dos produtos.

Araújo et al. (2011) ao analisarem 40 amostras de carne de peru divididas nos seguintes grupos: peito de peru curado e cozido inteiro e fatiado, presunto inteiro e presunto fatiado, observaram que 80% das amostras de peito de peru e 90% das amostras de presunto, ambos fatiados, apresentaram contaminação por bactérias do gênero *Listeria*, não sendo encontrada nos produtos inteiros. A presença de *L. monocytogenes* foi detectada em 50% das amostras de peito de peru fatiado e em 60% nas de presunto fatiado. Os resultados obtidos sugerem a possibilidade de manipulação inadequada dos produtos no momento do fatiamento e estocagem, sendo necessário um maior controle de higiene.

Ainda não existe consenso em relação à dose mínima necessária de *Listeria* capaz de causar infecção. Esse parâmetro pode variar de acordo com o isolado, estado do hospedeiro e fatores de susceptibilidade (TALLAMINI, 2016). Enquanto Tompkin (2002) afirma que é necessário um valor superior a 1000 UFC/g para o desenvolvimento de listeriose, Forsythe (2013) sugere que a dose seja inferior a esta contagem. Selby e colaboradores (2006) consideram alimentos de alto risco para a transmissão de listeriose aqueles que apresentam contagens maiores que 100 UFC/g ou mL.

2.3. Radiação

A radiação ultravioleta (UV), inicialmente, foi considerada uma tecnologia adequada para tratamento de água devido sua baixa penetração em alimentos e bebidas. A aplicação da tecnologia estendeu-se a sucos após ser permitida pela *Food and Drug Administration* (FDA). Por exercer efeitos biológicos e bioquímicos, a radiação ultravioleta tem ganhado espaço como alternativa de preservação não térmica no processamento de alimentos (GUTIÉRREZ et al., 2015; GUEDES et al., 2009).

A luz UV corresponde à porção do espectro eletromagnético que cobre uma faixa de 100 a 400 nm. A partir da descarga de gás em comprimentos de onda é que ocorre a emissão da luz UV. Os átomos e íons presentes dentro da descarga de gás de uma lâmpada UV emitem fótons de luz UV que se propagam para longe desses átomos e íons. A luz UV propagada interage com os materiais que encontra por absorção, reflexão, refração e espalhamento (KOUTCHMA, 2016).

A intensidade da fonte de radiação deve ser medida na mesma distância em que serão colocados os alimentos, pois podem existir perdas de radiação durante o processo. A medição da intensidade pode ser realizada por diferentes instrumentos como os radiômetros. Os radiômetros detectam a radiação total incidente em um sensor. Eles podem estar acoplados a um detector térmico onde a radiação é convertida em calor e produz uma corrente proporcional à radiação que incide. Os radiômetros também são empregados com detectores fotônicos que convertem o fluxo de fótons incidentes em corrente (GUTIÉRREZ et al., 2015).

Para determinação da radiação UV que incide sobre determinado material, instrumentos denominados actinômetros químicos, também podem ser utilizados. Eles consistem em um sistema químico que sofre reação devido à luz e à medição da taxa de reação permite o cálculo do volume absorvido do fluxo de fótons (SOUZA, 2012).

2.3.1. Radiação Ultravioleta

A luz UV pode ser subdividida em UV-A, variando de 315 a 400 nm, UV-B varia de 280 a 315 nm e UV-C varia de 200 a 280 nm (YIKMIŞ, 2016). As características dos diferentes tipos de luz UV estão descritas na Tabela 1.

Tabela 1 - Características da Luz Ultravioleta.

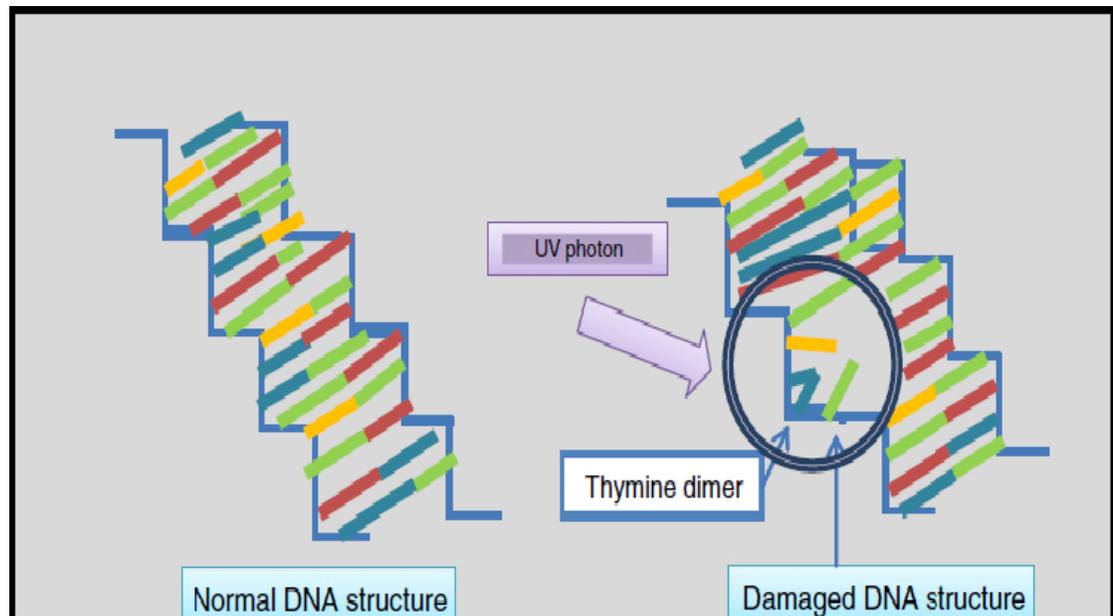
| Tipo | Comprimento de onda | Varição do comprimento de onda | Características |
|-------------|----------------------------|---------------------------------------|---|
| UV – A | Longo | 320-400 nm | Alterações na pele humana (bronzamento) |
| UV- B | Médio | 280 – 320 nm | Queimadura da pele (câncer) |
| UV - C | Curto | 200 – 280 nm | Faixa germicida (microrganismos) |

Fonte: GUEDES et al., 2009.

Dentre as fontes de radiação UV-C temos a radiação solar como fonte natural e lâmpadas de UV de ondas curtas. Na região germicida, a fonte mais comum para produção de luz é a lâmpada de vapor de mercúrio de baixa pressão (GUEDES et al., 2009).

A formação de dímeros de timina no DNA dos microrganismos é o principal efeito fotoquímico causado pela luz UV. A exposição à luz UV faz com que os elétrons dentro de bases específicas fiquem energizados, o que leva à formação de ligações covalentes entre bases adjacentes. O dano estrutural causado pela formação desses dímeros inibe a replicação correta do DNA, resultando na inativação do microrganismo afetado (GUTIÉRREZ et al., 2015).

Figura 1 - Formação de dímero-timina ocasionada por lesões em DNA submetido à radiação UV-C.



Fonte: LAGUNAS-SOLAR, 2014.

A inativação de microrganismos por luz UV depende da dose de UV. A dosagem de luz ultravioleta é calculada pela equação 1 abaixo (DEGALA et al., 2018).

$$D = I \times t$$

(Eq.1)

Em que, D é a dose de UV aplicada ($\mu\text{W}/\text{cm}^2$), I é a intensidade de radiação ($\mu\text{W}/\text{cm}^2$) e t é o tempo de exposição (s).

Alguns microrganismos possuem a capacidade de reparar danos causados pela luz UV-C, podendo acontecer através de dois mecanismos. O primeiro mecanismo, denominado de “foto reativação”, utiliza a energia da luz para catalisar as reações de clivagem do dímero de timina e restauração da timina individual, através da enzima fotoliase. Dessa forma alguns microrganismos presentes na água e em alimentos, anteriormente inativados pela luz UV-C, podem ser reativados e multiplicar-se quando expostos à luz durante o armazenamento. O segundo denominado como reparação escura, não necessita de luz e é um processo de excisão de nucleotídeos que envolve

várias enzimas, mas é menos eficiente que a foto reativação e nem sempre leva a um reparo completo. A capacidade do microrganismo de reparar os danos causados pela radiação UV-C está diretamente relacionada com sua resistência à UV-C (KOUTCHMA, 2016).

Na Tabela 2 são descritas a dose necessária de UV-C para inativação de algumas bactérias e testes *in vitro*.

Tabela 2 - Dose de UV- C necessária para reduzir em 90% (1 ciclo log) a população de algumas bactérias.

| Microrganismo (bactérias) | UV- C a 254 nm ($\mu\text{J}/\text{cm}^2$) |
|-----------------------------------|--|
| <i>Bacillus anthracis</i> | 4.520 |
| <i>Bacillus paratyphus</i> | 3.200 |
| <i>Bacillus subtilis</i> | 5.800 |
| <i>Clostridium tetani</i> | 13.000 |
| <i>Escherichia coli</i> | 3.000 |
| <i>Micrococcus candidus</i> | 6.050 |
| <i>Mycobacterium tuberculosis</i> | 6.200 |
| <i>Proteus vulgaris</i> | 3.000 |
| <i>Pseudomonas aeruginosa</i> | 5.500 |
| <i>Pseudomonas fluorescens</i> | 3.500 |
| <i>Salmonella enteritidis</i> | 4.000 |
| <i>Salmonela paratyphi</i> | 3.200 |
| <i>Salmonella typhosa</i> | 2.150 |
| <i>Salmonella typhimurium</i> | 8.000 |
| <i>Shigella dysenteriae</i> | 2.200 |
| <i>Shigella flexneri</i> | 1.700 |
| <i>Shigella paradysenteriae</i> | 1.680 |
| <i>Staphylococcus aureus</i> | 2.600 |
| <i>Staphylococcus hemolyticus</i> | 2.160 |
| <i>Staphylococcus lactis</i> | 6.150 |
| <i>Streptococcus viridans</i> | 2.000 |
| <i>Vibrio comma</i> | 3.375 |

Fonte: SOUZA, 2012.

A ultravioleta na sua faixa de ação germicida, inicialmente utilizada para o tratamento de águas, tem ganhado espaço através de estudos para aplicação em alimentos e no emprego de desinfecção de superfícies.

Lacivita e colaboradores (2016) aplicaram doses de 0,01, 0,06, 0,12 e 0,6 J / cm² de luz UV-C em queijo fresco italiano. O controle da proliferação microbiana nessas amostras tratadas permitiu o prolongamento da vida útil em 80% em comparação com queijo não tratado. Um efeito germicida, com redução de cerca de 1 a 2 ciclos logs, de *Pseudomonas* spp. e Enterobacteriaceae foi observada durante o armazenamento. A luz UV-C não promoveu mudanças na de cor, textura e aparência da superfície.

No estudo sobre a eficácia da radiação ultravioleta de onda curta (UV-C), para a inativação de *Aspergillus flavus* ou *Aspergillus niger* inoculada em néctar de pêssigo, uma dose total de 20,3 J / cm² alcançou reduções de 4 e 3 logs para *A. flavus* e *A. niger*, respectivamente. Variações observadas nas características do néctar (acidez, cor, pH e sólidos solúveis) antes e após o tratamento foram mínimas (FLORES-CERVANTES; PALOU; LÓPEZ-MALO, 2013).

Cheigh et al. (2012) ao submeterem uma suspensão de células (5 mL) a UV-C (254 nm), em uma intensidade de 2,1 W / m² e distância de 12 cm por 1.200 s, ou seja, uma dose de radiação igual a 0,252 J / cm² demonstraram redução de 4 logs de *L. monocytogenes* e de 5 logs de *Escherichia coli* O157: H7.

2.4. Efeitos da luz UV em carne e produtos cárneos

Mc Leod et al. (2018) submeteram filés de frango à radiação UV-C de 254 nm com intensidade 10 mW / cm² por um período entre de 5 a 300 s e dessa forma obteve doses de 0,05 a 3,0 J / cm². Estes autores observaram reduções (de 1,1 a 2,8 log UFC / cm²) nas populações de *Salmonella enteritidis*, *L. monocytogenes*, *Staphylococcus aureus* e *Escherichia coli* nos filés.

Aplicando radiação UV-C em carne de rã, Silva et al. (2015) perceberam uma redução de 3 log UFC / g de *Staphylococcus aureus* nos tratamentos com exposição a baixas doses (0,65 mJ/cm²), doses médias (1,04 mJ/cm²) e altas doses (1,68 mJ/cm²) de UV-C em diferentes intervalos de tempo 60, 100 e 140 s.

A aplicação de UV-C (1,0 J / cm²), seguida de pasteurização flash (0,75 s vapor / 121 °C) resultou na inativação de 3,19 log *Listeria innocua* em salsichas tipo Frankfurter enquanto a aplicação de UV-C (4,0 J / cm²), seguida de pasteurização (3 s de vapor / 121 °C) resultou na inativação de 3,89 log de *L. innocua*. Durante o armazenamento em condições de refrigeração (8 °C), o crescimento de *L. innocua* foi inibido durante 8 semanas após aplicação do tratamento. O

uso de UV-C em combinação com a pasteurização flash teve pouco efeito na cor e na textura da salsicha tipo Frankfurter (SOMMERS et al.,2009).

Fatias de presunto submetidas à aplicação de UV-C ($1,85 \text{ mW/cm}^2$) por 70s, obtendo-se uma dose de $0,13 \text{ J/cm}^2$, apresentaram redução de 1,52, 1,73 e 1,55 log UFC para *Escherichia coli* O157: H7, *Salmonella typhimurium* e *L. monocytogenes*, respectivamente. Os parâmetros de textura e valores de cor dos produtos não sofreram alterações significativas (HA; KANG, 2015).

3 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido nos Laboratórios de Tecnologia de Carnes e Derivados (LabCarnes) e de Microbiologia de Alimentos do Departamento de Ciência dos Alimentos (DCA) da Universidade Federal de Lavras (UFLA), em Lavras, Minas Gerais.

3.1 Equipamento e Processo de radiação UV-C

O procedimento de irradiação foi realizado utilizando uma câmara de UV-C piloto construída em MDP (painel de partículas de baixa densidade, do inglês *Medium Density Particleboard*) branco, com dimensões de 0,40 x 0,60 x 0,40 m, equipada com uma lâmpada UV LPML (mercúrio de baixa pressão, 408 mm - OSRAM PURITEC 36W HNS L 36W GFT36DL/2G11/SE/OF/2G11), com intensidade de radiação UV-C a 254nm de 10,8W (Figura 2).

Figura 2. Câmara de UV-C Piloto.



Fonte: Do Autor, 2020.

Antes dos tratamentos com UV-C, a lâmpada foi ligada e deixada por 10 minutos para estabilização, sendo em seguida desligada para a inserção das amostras. Foi garantido um nível de uso menor que 10% do total de horas recomendados pelo fabricante. As amostras foram irradiadas a uma distância de 25 cm da fonte UV-C. As doses de radiação foram padronizadas variando os

tempos de exposição e considerando uma intensidade de radiação média $1,68 \text{ mW/cm}^2$, calculado a partir da área da câmara e potência da lâmpada.

3.2 Elaboração do presunto cozido

Foram elaborados presuntos cozidos, com carnes refrigeradas ($4 \text{ }^\circ\text{C}$), respeitando o prazo de validade e com selo de Inspeção Federal, adquiridas em comércio local em Lavras-MG. A formulação foi constituída de 75,0% de pernil suíno, 20,7% de água e aproximadamente 4,3% de ingredientes: 2,0% de sal; 1,0% de condimento Califórnia; 0,3% de carragena, 0,5% de polifosfato; 0,5% de glutamato monossódico; 0,01% de ascorbato de sódio; e 0,015 % de nitrito de sódio. Os ingredientes foram misturados e embalados a vácuo (BS420; R.Baião, Ubá, MG, Brasil) em filme de nylon-poliestireno, colocados em forma metálica de 1kg e deixados sob refrigeração por 12 horas para realização da cura. Em seguida, foram cozidos em banho-maria até temperatura interna de $72/73 \text{ }^\circ\text{C}$. Os produtos foram resfriados em água com gelo e armazenados a $4 \text{ }^\circ\text{C}$ até a utilização.

3.3 Avaliação da suscetibilidade da *Listeria monocytogenes* à radiação UV-C

3.3.1. Inativação *in vitro*

Para determinar a suscetibilidade da cultura *L. monocytogenes* à radiação UV-C, esta foi cultivada em caldo TSB (Sigma-Aldrich, Cotia, São Paulo, Brasil) com extrato de levedura a $37 \text{ }^\circ\text{C}$ por 48 h. Após crescimento, a suspensão celular obtida foi diluída em água peptonada para se obter diferentes concentrações que foram plaqueadas em ágar TSA (Oxoid, Basingstoke, Reino Unido). As placas foram submetidas a diferentes tempos de exposição: 0 (controle), 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35 e 40 segundos, resultando nas seguintes doses de radiação: 0,082; 0,164; 0,247; 0,329; 0,411; 0,493; 0,576 e $0,658 \text{ J / cm}^2$. Em seguida, as placas foram incubadas a $37 \text{ }^\circ\text{C}$ por 48 h para enumeração das células sobreviventes. Como controle foram feitas placas das suspensões celulares que não foram expostas à UV-C.

3.3.2. Inativação no presunto fatiado

Após determinação da suscetibilidade da cultura de *L. monocytogenes* a radiação UV-C *in vitro*, foi avaliada a inativação deste microrganismo no presunto fatiado e embalado. Para tanto, fatias de aproximadamente 0,2 cm de espessura do presunto produzido (item 3.2) foram obtidas com auxílio de um fatiador elétrico (BM 06 NR – Cortador de Frios Inox; 60 Hz; 420W). Para cada tratamento, uma fatia de 10g era disposta em bandeja de poliestireno expandido (EPS) e inoculada com 1 mL da suspensão celular padronizada a 10^8 UFC/mL, espalhada sobre a fatia. Em seguida as bandejas foram envoltas com filme de policloreto de vinila (PVC) e submetidas à radiação UV-C por diferentes tempos de exposição (doses), 0 (controle), 5, 10, 30 e 60 s, resultando respectivamente nas seguintes doses, 0, 0,082; 0,164; 0,493; 0,987 J / cm².

Após a irradiação as amostras de presuntos foram analisadas para se determinar a população sobrevivente de *Listeria*. As fatias inoculadas e submetidas à UV-C foram transferidas para sacos de homogeneização estéreis (Baglight®), adicionados de 90 mL de peptona estéril a 0,1% (p/v) e homogeneizados em *Stomacher* (Metroterm®, Brasil) com 490 golpes/min durante 2 minutos em temperatura ambiente. As suspensões foram diluídas em escala decimal em tubos com 9 mL de água peptonada 0,1%. Diluições apropriadas para obter contagens entre 30-300 colônias foram plaquedadas em ágar para contagem padrão PCA (*Plate Count Agár*: Triptona 5g/L, extrato de levedura 2,5g/L, dextrose 1g/L, ágar 15g/L, pH final 7,0±0.2; HiMedia) e incubadas a 37 °C por 48 h.

3.4 Avaliação da UV-C nas características tecnológicas e microbiológicas do presunto fatiado durante o armazenamento

Três fatias de aproximadamente 0,2 cm de espessura (fatiador BM 06 NR – Cortador de Frios Inox; 60 Hz; 420W) foram aleatoriamente distribuídas em bandejas (EPS) e recobertas por filme (PVC) permeável ao oxigênio (6000–8000 cm³/m².dia a 25°C e 760 mmHg), simulando o sistema utilizado no varejo comum.

Após embaladas, as unidades amostrais foram submetidas, em sua face superior, à irradiação UV-C, sendo monitoradas as temperaturas na câmara interna e temperatura na superfície da amostra. As doses UV-C foram padronizadas variando os tempos de exposição de 0, 5, 10, 30 e

60 s, a uma intensidade de processamento de $1,6875 \text{ mW/cm}^2$, para obtenção de doses variando de 0 e 100 mJ/cm^2 . Tais doses foram pré-selecionadas considerando efeito de pré-testes *in vitro* (item 3.3), e a viabilidade de se escalar a tecnologia idealizando um sistema contínuo ou batelada viável. Após o processamento as amostras foram estocadas em temperatura de refrigeração ($4 \text{ }^\circ\text{C}$), sendo avaliadas nos tempos 0, 2, 4 e 6 dias de estocagem quanto ao pH, cor objetiva e contagem padrão/total de microrganismos aeróbios mesófilos e psicotróficos.

As embalagens foram abertas assepticamente e para enumeração das populações microbianas alvo (aeróbios mesófilos e psicotróficos), 10g das fatias foram pesadas transferidas para sacos de homogeneização estéreis (Baglight®), adicionados de 90 mL de peptona estéril a 0,1% (p/v) e homogeneizados em *Stomacher* (Metroterm®, Brasil) com 490 golpes/min por 2 min em temperatura ambiente. As suspensões foram diluídas em escala decimal com 9 mL de água peptonada 0,1%. Diluições apropriadas para obter contagens entre 30-300 colônias foram plaqueadas em ágar para contagem padrão PCA (triptona 5g/L, extrato de levedura 2,5g/L, dextrose 1g/L, ágar 15g/L, pH final $7,0 \pm 0,2$; HiMedia). Para determinação da população de microrganismos aeróbios mesófilos, 100 μL das diluições apropriadas foram inoculadas em superfície em placas estéreis contendo meio PCA sólido, e incubadas a $35 \pm 1 \text{ }^\circ\text{C}/24\text{h}$. Para enumeração dos psicotróficos foi realizada a técnica da microgota, plaqueando-se 10 μL das diluições adequadas em TSA e incubação a $7 \text{ }^\circ\text{C}$ por 3 dias. Após incubação as populações foram quantificadas, sendo resultados expressos em $\log_{10} \text{ UFC/g}$ (da Silva et al. 2017).

3.4.1. Avaliação da cor instrumental das fatias de presunto cozido

Na determinação da cor objetiva as leituras foram obtidas utilizando um espectrofotômetro portátil CM-700 (Kônica Minolta Sensing Osaka, Japão), com abertura de porta de 8 mm, padronizado com o iluminante D65 (simula o espectro da luz do dia), componente especular excluído (SCE) e ângulo do observador de 10° . Os índices de cor de luminosidade (L^*), índice de vermelho (a^*) e índice de amarelo (b^*), foram obtidos por média de cinco leituras distribuídas ao longo da superfície das fatias, e a cor expressa no sistema CIELAB, sendo que os índices de saturação (C^*) e ângulo de tonalidade (h) foram calculados seguindo as fórmulas $C^* = (a^{*2} + b^{*2})^{1/2}$; e $h = \tan^{-1} (b^*/a^*)$, conforme especificado por Ramos e Gomide (2017). A perda da cor

curada (*fading*) foi determinada pelo índice de cor curada, utilizando a razão das reflectâncias a 650 e 570 nm (R650/570 nm), de acordo com AMSA (2012).

3.4.2. Determinação do pH das fatias de presunto cozido

As medidas de pH foram obtidas por meio de um potenciômetro (Digimed, modelo DM 20, São Paulo, Brasil) após homogeneização inicial das amostras (5g) em água destilada (45 mL) por um minuto. As leituras foram realizadas imediatamente após a homogeneização.

3.5. Análise Estatística

Os dados foram obtidos a partir repetições das unidades amostrais aleatorizadas com fatias obtidas de diferentes peças de presunto, e posição ao longo da peça (replicatas) e processos UV-C independentes para garantia de reprodutibilidade de processo. Os resultados foram analisados considerando um esquema fatorial (dose x fatia) para avaliar a eficiência da radiação e sua capacidade de penetração. Quando pertinente, as médias foram avaliadas por meio do teste de Tukey ao nível de 5% de significância.

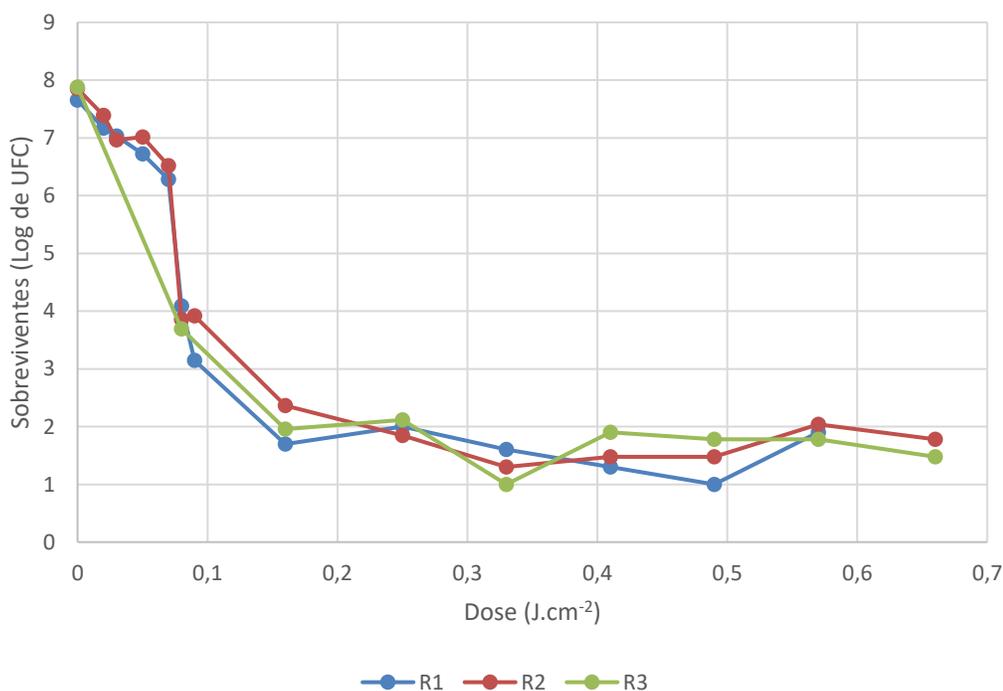
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Inativação de *Listeria monocytogenes* pela radiação UV-C

4.1.1 Inativação *in vitro*

O efeito da radiação UV-C sobre *L. monocytogenes* em placas de Petri contendo meio de cultivo não seletivo (PCA) está representado na Figura 3. Observa-se uma diminuição no número de sobreviventes quando a aplicação da radiação UV-C é feita diretamente sobre a suspensão celular, sendo que doses baixas ($< 0,1 \text{ J.cm}^{-2}$) já apresentam uma redução significativa no número de sobreviventes.

Figura 3 – Sobrevivência de *Listeria monocytogenes* submetidas à radiação UV-C em placas de Petri contendo meio não seletivo (PCA).



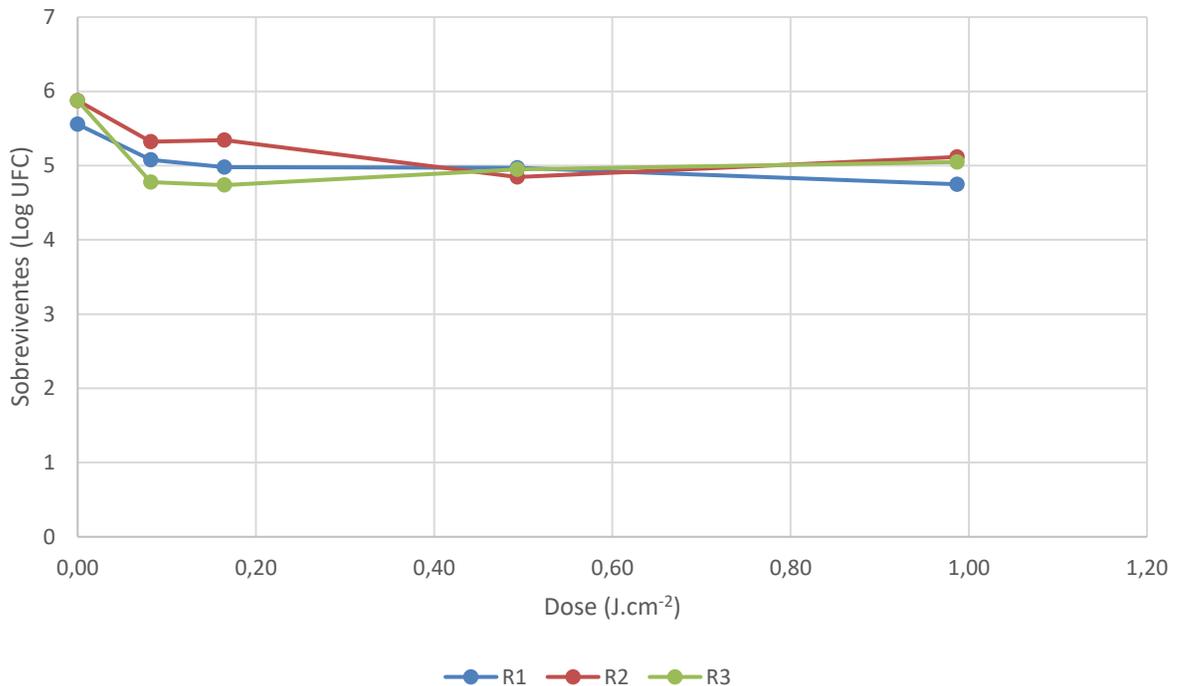
Testes *in vitro* realizados por Escalona et al. (2010), para avaliação do comportamento de redução de patógenos e deteriorantes, frente à aplicação de UV-C, mostraram a eficácia do tratamento sobre a diminuição da contagem de *L. monocytogenes* em placas contendo ágar Oxford. Diante da aplicação de $2,4 \text{ kJ/m}^2$ e 12 kJ/m^2 houve uma diminuição da carga microbiana em 1 e

2,5 log UFC/g, respectivamente. Cheigh et al. (2012) ao avaliarem as características de inativação de *Listeria* após a exposição de caldo (TSB) contendo microrganismos à UV-C e posterior semeadura em placas (TSA), demonstram que a viabilidade do patógeno diminui com o tempo de tratamento. Ao aplicar uma dose de 0,252 J / cm² obteve uma redução de 4 log de *L. monocytogenes*. Estes resultados demonstram a suscetibilidade de *L. monocytogenes* à radiação UV-C *in vitro* e são inferiores aos observados no nosso estudo.

4.1.2 Inativação no presunto cozido

A resistência de *L. monocytogenes* a radiação UV-C é dependente do meio em que se encontra. Na Figura 4 pode-se observar o número de sobreviventes em presunto fatiado embalado após tratamento com UV-C, evidenciando que o tratamento se mostra efetivo em pequenas doses (<0,2 J/cm²), mas esta efetividade é bem menor, reduzindo apenas 1 ciclo logarítmico deste microrganismo. No entanto, a redução observada no presunto foi muito menor do que a observada no meio de cultivo em placa (Figura 3).

Figura 4 – Sobrevivência de *L. monocytogenes* em fatias de presunto embalados em sistema PVC.



Chun et al. (2009) ao descrever a cinética de inativação de *L. monocytogenes* e outros microrganismos em fatias de presunto usando UV-C, atingiu uma redução de 2,74 log (UFC/g) ao aplicar uma dose de 0,8 J/cm². Dentre os microrganismos estudados (*L. monocytogenes*, *Salmonella Typhimurium* e *Campylobacter Jejuni*), a *Listeria* manifesta-se como o microrganismo menos resistente ao tratamento UV-C.

Ha e Kang (2015) obtiveram uma redução de 1,55 log (UFC/g) ao aplicarem uma dose de UV-C a 0,13 J/ cm², sendo similar ao observado neste estudo quanto à eficiência da UV-C na inativação de *L. monocytogenes* em produtos prontos para o consumo (RTE).

A aplicação de uma dose equivalente a 0,195 J/cm² de radiação UV-C foi eficiente para reduzir de 2,95-5,53 unidades logarítmicas de *L. monocytogenes* presentes em ágar bovino. Porém, a utilização da mesma dosagem em bifês de carne bovina apresentou uma redução de 0,87 log (HAMIDI-OSKOU EI; JAMES; JAMES, 2015).

Lyon, Fletcher e Berrang (2007) demonstraram que o tratamento utilizando radiação UV-C a uma intensidade de 0,001 W/cm² por cinco minutos, equivalente a uma dose de 0,3 J/cm² resultou na redução de *L. monocytogenes* em uma variação de 1,61 a 2,7 unidades logarítmicas.

Estes resultados indicam que *L. monocytogenes* é suscetível à radiação UV-C quando presentes em uma matriz complexa como produtos cárneos, mesmo com efeito protetivo da estrutura do alimento em relação à utilização da UV-C *in vitro*. Tais resultados indicam que o tratamento com UV-C de produtos cárneos prontos para o consumo é uma alternativa para a redução da contaminação microbiana, em especial deste patógeno, reduzindo os riscos de toxinfecções associados ao consumo destes produtos.

4.2 Efeito da UV-C na qualidade dos presuntos fatiados durante o armazenamento

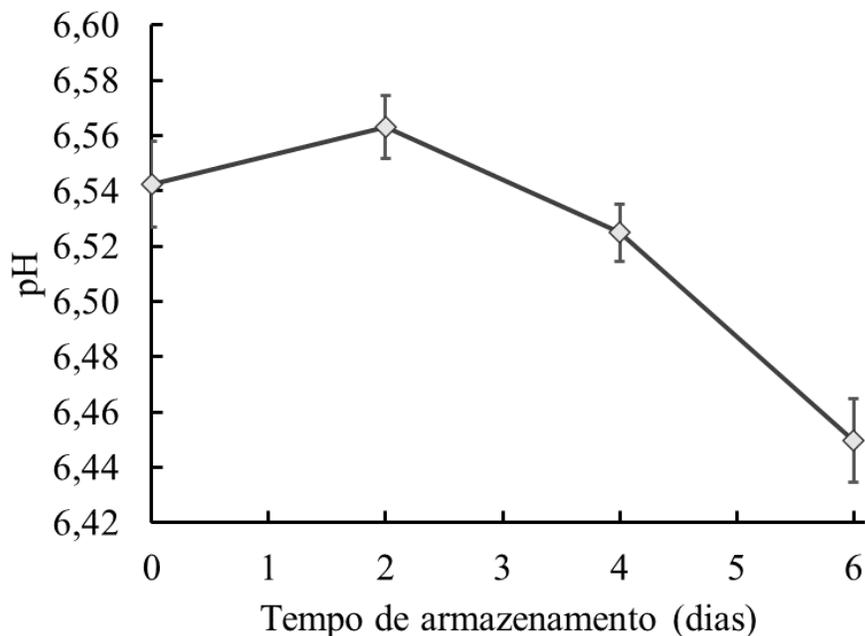
Não houve efeito ($P > 0,05$) do tempo de exposição das fatias à irradiação UV-C sobre o pH das amostras de presunto (Tabela 3). Rosario et al. (2021), ao avaliarem o efeito da UV-C (0,01-0,64 J/cm²) e ácido láctico em lombo curado a seco fatiado, também não observaram efeito das doses UV-C sobre os valores de pH das amostras analisadas, sofrendo efeito isolado apenas da adição de ácido láctico.

Liu et al. (2012) no estudo sobre o efeito combinado de alta pressão e enterocina na vida útil de presunto fatiado, observaram pH inicial de 6,5 nas amostras controle e diminuição desse valor ao longo do tempo de armazenamento.

Os resultados encontrados evidenciam que a utilização de UV-C como método de conservação em presuntos fatiados não afeta significativamente o pH, uma vez que os valores encontrados para as amostras submetidas à UV-C são similares as que não passaram pelo mesmo tratamento.

Entretanto, foi observada uma redução no pH ao longo do tempo de estocagem refrigerada (Figura 5). A influência do tempo de armazenamento sobre valores de pH de presunto fatiado foi observada por Hu et al. (2009) na caracterização de bactérias deteriorantes desse produto embalado à vácuo. De acordo com estes autores o decréscimo dos valores de pH acontece simultaneamente com o aumento da população de microrganismos aeróbios e bactérias do ácido láctico no produto. Resultados similares foram observados por Han et al. (2011) ao estudarem o efeito do tratamento por alta pressão em presuntos fatiados, sendo as alterações de pH associadas também ao crescimento de bactérias psicotróficas.

Figura 5 - Efeito da radiação UV-C sobre os valores médios (\pm erro padrão da média) de pH de presuntos durante o armazenamento refrigerado (4 °C).



Não foi verificado ($P < 0,05$) nas interações dos fatores (doses de radiação, fatia e tempo de armazenamento) nenhum dos índices de cor avaliados e para *fading*.

Para luminosidade (L^*) não foi observado efeito significativo de nenhum dos fatores estudados. Para os índices de vermelho (a^*), índice de amarelo (b^*), saturação (C^*), ângulo de tonalidade (h) e *fading* houve efeito significativo apenas das fatias e tempo de armazenamento, sendo este efeito identificado na Tabela 3, evidenciando que as fatias da superfície tiveram uma maior descoloração. Houve uma descoloração acentuada da fatia que estava em contato com a bandeja de isopor, provavelmente devido à migração de compostos destes para o presunto.

Tabela 3 - Efeitos da UV-C sobre os valores (média \pm desvio padrão) de pH e índices de cor em presuntos fatiados embalados em sistema de PVC durante o armazenamento refrigerado (4 °C) por 6 dias.

| Característica | Fatia (n°) | Tempo de exposição a UV-C (s) | | | | | Média |
|---------------------------|------------|-------------------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|--------------------------------|
| | | 0 | 5 | 10 | 30 | 60 | |
| pH | 1 | 6,46 \pm 0,13 | 6,54 \pm 0,08 | 6,51 \pm 0,10 | 6,51 \pm 0,09 | 6,55 \pm 0,10 | 6,51 \pm 0,10 |
| | 2 | 6,49 \pm 0,09 | 6,49 \pm 0,08 | 6,53 \pm 0,12 | 6,52 \pm 0,10 | 6,55 \pm 0,10 | 6,52 \pm 0,10 |
| | 3 | 6,54 \pm 0,09 | 6,52 \pm 0,07 | 6,54 \pm 0,11 | 6,50 \pm 0,11 | 6,56 \pm 0,09 | 6,53 \pm 0,09 |
| Luminosidade, L^* | 1 | 64,33 \pm 2,66 | 64,64 \pm 2,82 | 64,85 \pm 2,62 | 64,36 \pm 3,40 | 65,16 \pm 2,32 | 64,67 \pm 2,71 |
| | 2 | 63,65 \pm 2,57 | 64,48 \pm 1,91 | 64,75 \pm 2,82 | 63,21 \pm 2,22 | 64,00 \pm 2,32 | 64,02 \pm 2,37 |
| | 3 | 63,42 \pm 2,96 | 63,29 \pm 2,70 | 64,45 \pm 2,59 | 63,77 \pm 3,22 | 64,07 \pm 2,27 | 63,80 \pm 2,70 |
| Índice de vermelho, a^* | 1 | 6,02 \pm 1,37 | 5,83 \pm 1,35 | 5,82 \pm 1,46 | 5,84 \pm 1,52 | 5,65 \pm 1,35 | 5,83 \pm 1,37 |
| | 2 | 7,02 \pm 1,69 | 6,33 \pm 1,58 | 6,01 \pm 1,83 | 6,28 \pm 1,57 | 6,16 \pm 1,80 | 6,36 \pm 1,68 |
| | 3 | 5,91 \pm 1,58 | 5,98 \pm 1,49 | 6,02 \pm 1,83 | 5,75 \pm 1,75 | 5,34 \pm 1,35 | 5,80 \pm 1,57 |
| Índice de amarelo, b^* | 1 | 15,06 \pm 1,12 | 15,20 \pm 1,63 | 15,26 \pm 1,12 | 15,11 \pm 1,09 | 15,40 \pm 1,42 | 15,21 \pm 1,26 ^a |
| | 2 | 14,68 \pm 2,10 | 14,55 \pm 1,68 | 14,22 \pm 1,36 | 14,15 \pm 1,86 | 14,12 \pm 1,77 | 14,34 \pm 1,72 ^b |
| | 3 | 13,72 \pm 1,65 | 14,04 \pm 2,15 | 14,80 \pm 2,11 | 14,02 \pm 1,94 | 13,93 \pm 1,48 | 14,10 \pm 1,86 ^b |
| Saturação, C^* | 1 | 16,28 \pm 0,91 | 16,34 \pm 1,58 | 16,40 \pm 1,12 | 16,27 \pm 1,04 | 16,46 \pm 1,24 | 16,35 \pm 1,16 ^a |
| | 2 | 16,41 \pm 1,50 | 15,97 \pm 1,30 | 15,55 \pm 1,22 | 15,58 \pm 1,67 | 15,52 \pm 1,50 | 15,81 \pm 1,44 ^b |
| | 3 | 15,06 \pm 1,22 | 15,40 \pm 1,47 | 16,10 \pm 1,87 | 15,30 \pm 1,32 | 14,99 \pm 1,23 | 15,37 \pm 1,45 ^b |
| Tonalidade, h (graus) | 1 | 68,14 \pm 5,42 | 68,93 \pm 5,07 | 69,16 \pm 5,10 | 68,90 \pm 5,53 | 69,74 \pm 5,40 | 68,97 \pm 5,15 ^a |
| | 2 | 64,07 \pm 8,03 | 66,25 \pm 6,99 | 67,14 \pm 7,26 | 65,89 \pm 6,54 | 66,36 \pm 7,59 | 65,94 \pm 7,12 ^b |
| | 3 | 66,41 \pm 7,52 | 66,33 \pm 8,34 | 67,69 \pm 7,75 | 67,29 \pm 8,80 | 68,83 \pm 6,19 | 67,31 \pm 7,54 ^{ab} |
| Fading (R650/570 nm) | 1 | 1,56 \pm 0,13 | 1,54 \pm 0,12 | 1,53 \pm 0,14 | 1,54 \pm 0,14 | 1,51 \pm 0,12 | 1,54 \pm 0,13 ^a |
| | 2 | 1,66 \pm 0,19 | 1,60 \pm 0,17 | 1,57 \pm 0,18 | 1,61 \pm 0,16 | 1,60 \pm 0,18 | 1,61 \pm 0,17 ^b |
| | 3 | 1,58 \pm 0,16 | 1,59 \pm 0,18 | 1,57 \pm 0,19 | 1,57 \pm 0,21 | 1,53 \pm 0,13 | 1,57 \pm 0,17 ^{ab} |

^{a-c} Médias seguidas de letras diferentes, na mesma coluna, diferem (P <0,05) pelo teste de Tukey.

Wambura e Verghese (2011) ao submeterem presunto cru fatiado ao tratamento com luz UV pulsada, sendo posteriormente embalado em sacos de polietileno, observaram efeito da interação do tratamento e tempo de armazenamento, apesar dos valores de L^* apresentarem variações ao longo da estocagem, os valores iniciais e finais não foram significativamente diferentes, sendo então condizente com o presente estudo.

Ganan et al. (2013) ao aplicarem luz pulsada (12% de UV-C) em lombo seco curado, constataram que (os valores de L^*) para as amostras tratadas foram semelhantes as amostras controle, permanecendo estáveis durante o armazenamento refrigerado sendo as amostras embaladas em condições de vácuo (sacos de poliamida/polietileno 60 mm).

Neste estudo não foi observado efeito isolado da aplicação de UV-C sobre a cor dos presuntos. Similarmente, Ha e Kang (2015) não constataram diferenças significativas para os índices de cor L^* , índice de vermelho (a^*) e índices de amarelo (b^*) em presuntos fatiados submetidos à aplicação de UV-C combinada com aquecimento infravermelho, quando comparado às amostras não tratadas. Ganan et al. (2013) reportam que o efeito de tratamentos com UV sobre a oxidação não é clara, pois alguns trabalhos demonstram influência do tratamento com UV sobre aceleração na oxidação de pigmentos enquanto outros não observam aumento nesta taxa.

Segundo Ramos e Gomide (2017), a perda da cor curada (*fading*) de produtos cárneos para uma cor castanho amarronzada acontece quando ocorre exposição à luz. A descoloração reduz o índice de vermelho (a^*) e aumenta o índice de amarelo (b^*) podendo ou não apresentar alteração na luminosidade (L^*).

Li et al. (2012) ao estudarem efeito da iluminação e embalagem sobre os atributos de presunto fatiado, sugerem que a superfície do produto tem maior probabilidade de sofrer descoloração sob iluminação e exposição ao oxigênio do que o interior. A oxidação de pigmentos de produtos cárneos pode ser catalisada ou acelerada por fatores relacionados ao processamento, armazenamento, exposição à luz, ferro e cobre livres, presença de oxigênio e composição de gás nas embalagens (HAILE et al., 2013).

Além dos efeitos das fatias nas variáveis de cor a^* , b^* , C^* , h e no *fading*, também foi verificado efeito significativo com o tempo de estocagem, sendo este efeito representado pelos gráficos apresentados nas Figuras 6 e 7.

Ha e Kang (2015), além dos resultados obtidos para (L^*), não encontraram efeito do tratamento sobre os parâmetros a^* e b^* , mas um ligeiro aumento ao longo do tempo de

armazenamento, sendo condizente com o observado neste estudo para o índice de amarelo (b^*). O aumento no índice de amarelo (b^*) ao longo de tempo de armazenamento também foi reportado por Wambura e Verghese (2011).

Figura 6 – Variação dos índices de cor índice de vermelho (a^*), índice de amarelo (b^*), saturação (C^*) e tonalidade (h°) ao longo do tempo de estocagem refrigerada (4 °C) de fatias de presunto embaladas em PVC e submetidas a diferentes doses de radiação UV-C.

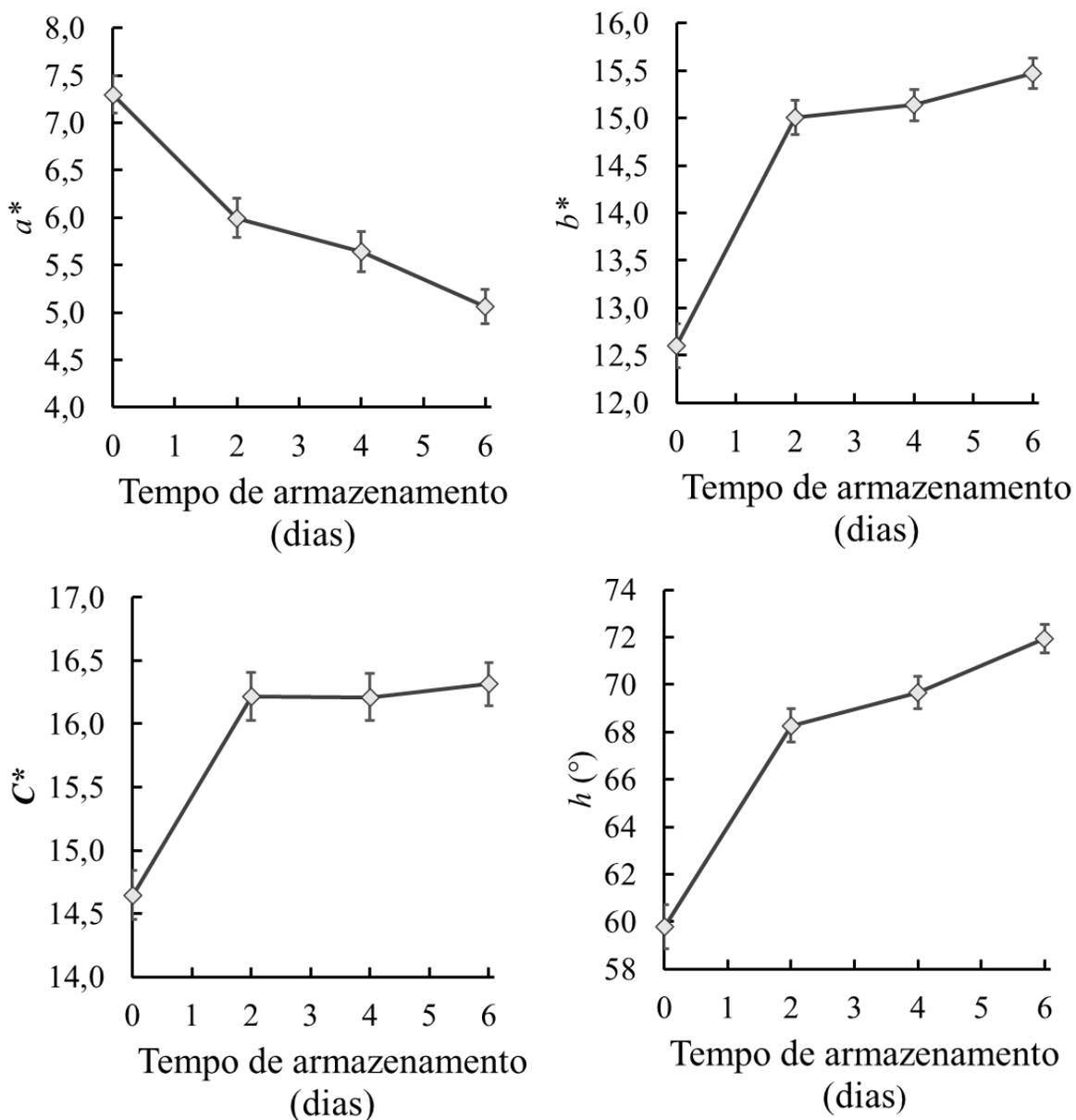
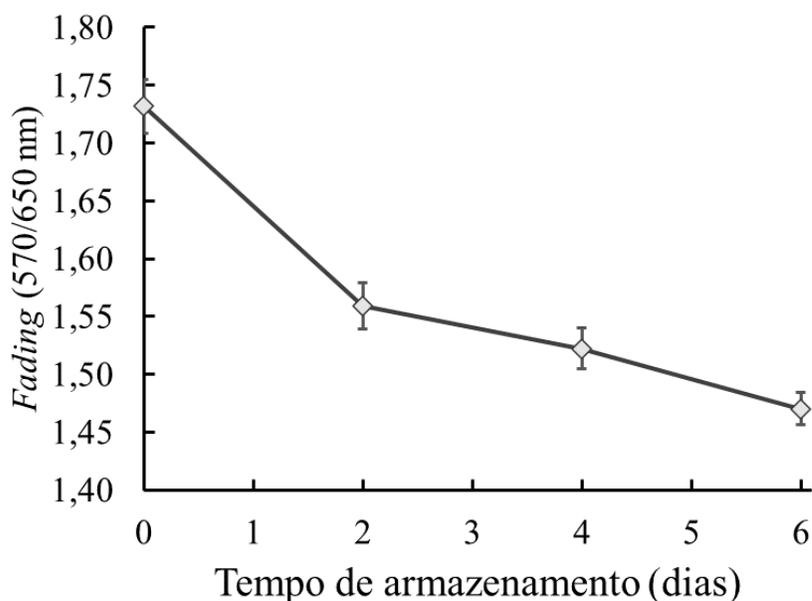


Figura 7 – Variação do *fading* ao longo do tempo de estocagem refrigerada (4°).

Mudanças na cor vermelha de produtos cárneos são influenciadas por vários fatores, tais como a tecnologia de conservação, espécie animal e tipo de músculo (associado à quantidade de pigmentos heme) usado, tipo de produto (emulsionado, curado, fermentado, etc.), ingredientes e aditivos da formulação e, por fim, sistema de embalagem utilizado (DUTRA et al., 2017).

Em relação ao crescimento microbiano (Tabela 4), pode-se observar que a partir de uma dose de $0,49 \text{ J/cm}^2$, corresponde a uma exposição de 30s, é visível a diminuição dos microrganismos mesófilos e psicrotróficos. Para os microrganismos psicrotróficos é perceptível um aumento da contagem em 0 e 6 dias de armazenamento. Apesar do aumento da contagem ao longo do tempo de armazenamento, esse aumento é menor nas amostras submetidas à exposição de UV-C.

Tabela 4 – Contagem microbiana de aeróbios mesófilos e psicrotróficos em presuntos fatiados, irradiados por luz UV-C sob diferentes tempos de exposição, ao longo do tempo de estocagem refrigerada (4 °C) em sistema de embalagem PVC.

| Grupo | Tempo de estocagem (dias) | Tempo de exposição a UV-C (s) | | | | |
|----------------------------|---------------------------|-------------------------------|-----|------|----|----|
| | | 0 | 5 | 10 | 30 | 60 |
| Mesófilos (UFC/mL) | 0 | 563 | 10 | 1003 | 3 | 3 |
| | 2 | 37 | 555 | 10 | 0 | 0 |
| | 4 | 552 | 3 | 0 | 0 | 0 |
| | 6 | 353 | 27 | 3 | 5 | 0 |
| Psicrotróficos (UFC/mL) | 0 | 10 | 25 | 20 | 0 | 10 |
| | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 4 | 215 | 160 | 160 | 15 | 1 |
| | 6 | 2100 | 750 | 250 | 40 | 45 |

Dugatto (2012) descreve em seu estudo a respeito da qualidade de coxas de frango submetidas à UV-C, uma redução significativa no número de colônias de bactérias aeróbias mesófilas nas amostras submetidas às doses de 0,54 e 0,95 J/ cm². A redução foi perceptível no terceiro, sexto e nono dias de armazenamento, sendo neste último observada uma redução de 1,49 log UFC/cm² referente à aplicação de 0,95 J/ cm². Em relação às bactérias psicrotróficas foi observada uma redução de 0,75 log UFC/cm² diante da aplicação 0,95 J/cm².

5 CONCLUSÃO

A utilização de UV-C em presuntos fatiados embalados apresenta-se como uma tecnologia eficaz para sua descontaminação ao reduzir a contagem microbiana de *Listeria monocytogenes*, bem como microrganismos mesófilos e psicrotróficos. Além disso, a exposição dos presuntos à radiação UV-C não trouxe prejuízos a sua qualidade, uma vez que não ocasionaram mudanças significativas nos parâmetros de pH e cor do produto. Então sugere-se o uso de algo simples assim em estabelecimentos que realizam o porcionamento de produtos prontos para consumo no ato da venda, como açougues, padarias e supermercados.

6 REFERÊNCIAS

AMSA. Meat Color Evaluation Guide. Champaign, II: American Meat Science Association (AMSA). 2012.

ARAÚJO, P. C. C. et al. Ocorrência de *Listeria monocytogenes* em produtos de carne de peru comercializados na cidade de Niterói-RJ-Brasil. **Acta Scientiae Veterinariae**, v. 30, n. 1, p. 19-25, 2002. Disponível em: < <https://doi.org/10.22456/1679-9216.17179>>.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PROTEÍNA ANIMAL – ABPA. Relatório Anual 2020. ABPA, 2020. Disponível em: < https://abpa-br.org/wp-content/uploads/2020/05/abpa_relatorio_anual_2020_portugues_web.pdf> Acesso em: 20 de set. 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS CRIADORES DE SUÍNOS - ABCS. Dados de mercado da suinocultura em 2019. ABCS, 2019. Disponível em: http://abcs.gasoline-digital.com/wp-content/uploads/2020/06/Dados-Mercado-de-Su%C3%ADnos_2019-1.pdf>. Acesso em: 20 de set. 2020.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária – ANVISA. Instrução Normativa nº 60, de 26 de dezembro de 2019. Estabelece as listas de padrões microbiológicos para alimentos. Diário Oficial da União, Brasília, 26 de dezembro de 2019.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária – ANVISA. Resolução – RDC nº 331, de 26 de dezembro de 2019. Dispõe sobre padrões microbiológicos de alimentos e sua aplicação. Diário Oficial da União, Brasília, 26 de dezembro de 2019.

BRASIL, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA. Instrução Normativa Nº 20, Anexo VI: Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade de Presunto Cozido. Diário Oficial da União, Brasília, 31 de julho de 2000.

BRASILEIRO, I. S. et al. Use of growth inhibitors for control of *Listeria monocytogenes* in heat-processed ready-to-eat meat products simulating post-processing contamination. **LWT - Food Science and Technology**, v. 74, p. 7–13, 2016. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.lwt.2016.06.069>>.

BRESSAN, M. C. et al. Influência da embalagem na vida útil de presuntos fatiados. **Ciência e agrotecnologia**, v. 31, n. 2, p. 433-438, 2007. Disponível em: < <https://doi.org/10.1590/S1413-70542007000200025>>.

CESAR, A. P. R. et al. *Listeria spp.* e *Listeria monocytogenes* na produção de salsichas tipo hot dog. **Ciência Animal Brasileira**, v. 12, n.2, p. 339-352, 2011. Disponível em: <[https://doi:10.5216/cab.v12i2.7452](https://doi.org/10.5216/cab.v12i2.7452)>

CHEIGH, C. et al. Comparison of intense pulsed light- and ultraviolet (UVC) -induced cell damage in *Listeria monocytogenes* and *Escherichia coli* O157: H7. **Food Control**, v. 25, n. 2, p. 654–659, 2012. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodcont.2011.11.032>>.

CHUN, H. et al. Inactivation kinetics of *Listeria monocytogenes*, *Salmonella enterica* serovar *Typhimurium*, and *Campylobacter jejuni* in ready-to-eat sliced ham using UV-C irradiation. **Meat science**, v. 83, n. 4, p. 599-603, 2009. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2009.07.007>>.

DA SILVA, Neusely, et al. **Manual de métodos de análise microbiológica de alimentos e água**. Editora Blucher, 2017.

DEGALA, H. L. et al. Evaluation of non-thermal hurdle technology for ultraviolet-light to inactivate *Escherichia coli* K12 on goat meat surfaces. **Food Control**, v. 90, p. 113–120, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2018.02.042>>.

DUGATTO, Jonas Simon. **Qualidade de sobrecoxas de frangos submetidas à radiação UV-C**. 2012. 2012. 98 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia dos Alimentos) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2012.

DUTRA, M. P. et al. Combined effects of gamma radiation doses and sodium nitrite content on the lipid oxidation and color of mortadella. **Food chemistry**, v. 237, p. 232-239, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.05.108>>

ESCALONA, V. H. et al. UV-C doses to reduce pathogen and spoilage bacterial growth *in vitro* and in baby spinach. **Postharvest Biology and Technology**, v. 56, n. 3, p. 223-231, 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2010.01.008>>.

FLORES-CERVANTES, D. X.; PALOU, E.; LÓPEZ-MALO, A. Efficacy of individual and combined UVC light and food antimicrobial treatments to inactivate *Aspergillus flavus* or *A. niger* spores in peach nectar. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, v. 20, p. 244–252, 2013. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ifset.2013.08.003>>.

FORSYTHE, Stephen J. **Microbiologia da segurança dos alimentos**. 2.ed. Porto Alegre: Artmed. 602 p. 2013.

GANAN, M. et al. Use of pulsed light to increase the safety of ready-to-eat cured meat products. **Food Control**, v. 32, n. 2, p. 512-517, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2013.01.022>>.

GUEDES, A. M. M. et al. Ultraviolet technology for food preservation. **Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos**, v. 27, n. 1, 2009. Disponível em: <https://doi.org/10.5380/cep.v27i1.14953>>.

GUTIERREZ, A. O. T. et al. Métodos para la determinación de la dosis de radiación ultravioleta de onda corta (UVC) en alimentos. **Temas Selectos de Ingeniería de Alimentos**, v. 9, p. 34-40, 2015.

- HA, J. W.; KANG, D. H. Enhanced inactivation of food-borne pathogens in ready-to-eat sliced ham by near-infrared heating combined with UV-C irradiation and mechanism of the synergistic bactericidal action. **Applied and Environmental Microbiology**, v. 81, n. 1, p. 2–8, 2015. Disponível em: < [https:// doi:10.1128/AEM.01862-14](https://doi.org/10.1128/AEM.01862-14)>.
- HAILE, D. M. et al. Effect of light, packaging condition and dark storage durations on colour and lipid oxidative stability of cooked ham. **Journal of food science and technology**, v. 50, n. 2, p. 239-247, 2013. Disponível em: < [https:// doi:10.1007/s13197-011-0352](https://doi.org/10.1007/s13197-011-0352)>.
- HAMIDI-OSKOU EI, A. M.; JAMES, C.; JAMES, S. The efficiency of UVC radiation in the inactivation of *Listeria monocytogenes* on beef-agar food models. **Food technology and biotechnology**, v. 53, n. 2, p. 231-236, 2015. Disponível em: <<https://doi.org/10.17113/ftb.53.02.15.3966>>
- HAN, Y. et al. Effect of high pressure treatment on microbial populations of sliced vacuum-packed cooked ham. **Meat science**, v. 88, n. 4, p. 682-688, 2011. Disponível em: < [https:// doi:10.1016/j.meatsci.2011.02.029](https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2011.02.029)>
- HIERRO, E. et al. Efficacy of pulsed light for shelf-life extension and inactivation of *Listeria monocytogenes* on ready-to-eat cooked meat products. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, v. 12, n. 3, p. 275–281, 2011. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.ifset.2011.04.006>>.
- HORITA, C. N. et al. Trends in Food Science & Technology Combining reformulation , active packaging and non-thermal post-packaging decontamination technologies to increase the microbiological quality and safety of cooked ready-to-eat meat products. **Trends in Food Science & Technology**, v. 72018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.tifs.2017.12.003>>.
- HU, P. et al. Characterization of the predominant spoilage bacteria in sliced vacuum-packed cooked ham based on 16S rDNA-DGGE. **Food Control**, v. 20, n. 2, p. 99-104, 2009. Disponível em: < [https://doi:10.1016/j.foodcont.2008.02.007](https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2008.02.007)>.
- KOUTCHMA, T.; AAFC, A. C. **Ultraviolet Light for Decontamination and Preservation of Beverages , Liquid Foods , and Ingredients**. [s.l.] Elsevier, 2016.
- LACIVITA, V. et al. Surface UV-C light treatments to prolong the shelf-life of Fiordilatte cheese. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, v. 36, p. 150–155, 2016. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.ifset.2016.06.010>>.
- LAGUNAS-SOLAR, M. C. Food technologies: pulsed ultraviolet radiation processing. **Encyclopedia of Food Safety**, v.3, p. 225-238, 2014. Disponível em:< [https://doi:10.1016/B978-0-12-378612-8.00261-4](https://doi.org/10.1016/B978-0-12-378612-8.00261-4)>.
- LI, H. et al. Effects of illumination and packaging on non-heme iron and color attributes of sliced ham. **Meat science**, v. 91, n. 4, p. 521-526, 2012. Disponível em: < [https:// doi:10.1016/j.meatsci.2012.03.008](https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2012.03.008)>

- LIU, G. et al. Combined effect of high hydrostatic pressure and enterocin LM-2 on the refrigerated shelf life of ready-to-eat sliced vacuum-packed cooked ham. **Food Control**, v. 24, n. 1-2, p. 64-71, 2012. Disponível em: < <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2011.09.004>>
- LYON, S. A.; FLETCHER, D. L.; BERRANG, M. E. Germicidal ultraviolet light to lower numbers of *Listeria monocytogenes* on broiler breast fillets. **Poultry science**, v. 86, n. 5, p. 964-967, 2007. Disponível em: < <https://doi.org/10.1093/ps/86.5.964>>.
- MCLEOD, A. et al. Chicken fillets subjected to UV-C and pulsed UV light: Reduction of pathogenic and spoilage bacteria, and changes in sensory quality. **Journal of Food Safety**, v. 38, n. 1, 2018. Disponível em: < <https://doi.org/10.1111/jfs.12421>>
- MILILLO, S. R. et al. A review of the ecology, genomics, and stress response of *Listeria innocua* and *Listeria monocytogenes*. **Critical reviews in food science and nutrition**, v. 52, n. 8, p. 712-725, 2012. Disponível em: < <https://doi.org/10.1080/10408398.2010.507909>>
- NIKMARAM, N. et al. Application of plant extracts to improve the shelf-life , nutritional and health-related properties of ready-to-eat meat products. **Meat Science**, v. 145, n. June, p. 245–255, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2018.06.031>>.
- RAMOS, E. M., & GOMIDE, L. A. M. **Avaliação da qualidade de carnes: Fundamentos e metodologias**. Viçosa: Editora UFV, 2017.
- RISTORI, C. A. et al. Prevalence and populations of *Listeria monocytogenes* in meat products retailed in Sao Paulo, Brazil. **Foodborne pathogens and disease**, v. 11, n. 12, p. 969-973, 2014. Disponível em: < <https://doi.org/10.1089/fpd.2014.1809>>
- RODRIGUES, C. S.; SÁ, C. V. G. C. D.; MELO, C. B. D. An overview of *Listeria monocytogenes* contamination in ready to eat meat, dairy and fishery foods. **Ciência Rural**, v. 47, n. 2, 2017. Disponível em: < <http://dx.doi.org/10.1590/0103-8478cr20160721>>.
- ROSARIO, D.K. et al. Optimization of UV-C light and lactic acid combined treatment in decontamination of sliced Brazilian dry-cured loin: *Salmonella Typhimurium* inactivation and physicochemical quality. **Meat Science**, v. 172, p. 108308, 2021. Disponível em: < <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2020.108308>>
- ROSSI, L. P. R. et al. Occurrence of *Listeria* spp. in Brazilian fresh sausage and control of *Listeria monocytogenes* using bacteriophage P100. **Food Control**, v. 22, n. 6, p. 954-958, 2011. Disponível em: < <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2010.12.001>>.
- SÁ, M. J. F. D.; et al. Avaliação microbiológica do presunto fatiado comercializado na cidade de Juazeiro do Norte CE. **Higiene alimentar**, v. 30, n. 258/259, p. 129-133, 2016.
- SELBY, T. L. et al. Microbial heat resistance of *Listeria monocytogenes* and the impact on ready-to-eat meat quality after post-package pasteurization. **Meat Science**, v. 74, n. 3, p. 425-434, 2006. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2006.02.018>>

SERIO, J.; et al. Avaliação microbiológica e microscópica de presuntos fatiados refrigerados. **Embrapa Agroindústria Tropical-Artigo em periódico indexado (ALICE)**, v.20, n.1, jan./mar. 2009, p. 135-139, 2009.

SILVA, H. L. A. et al. Efficacy of Ultraviolet-C Light to Eliminate *Staphylococcus Aureus* on Precooked Shredded Bullfrog Back Meat. **Journal of Food Safety**, v. 35, n. 3, p. 318–323, 2015.

SOMMERS, C. H. et al. Inactivation of *Listeria innocua* on frankfurters by ultraviolet light and flash pasteurization. **Journal of food science**, v. 74, n. 3, p. 138-141, 2009. Disponível em:< 10.1111/j.1750-3841.2009.01107.x>

SOUZA, P. M. **Study of short-wave ultraviolet treatments (UV-C) as a non-thermal preservation process for liquid egg products**. 2012. 358p. Tese (Doutorado) - Instituto de Agroquímica y Tecnología de Alimentos – Valencia, 2012.

SPERBER, W. H.; DOYLE, M. P. Compendium of the Microbiological Spoilage of Foods and Beverages. New York : Springer, 2009. 380 p.

TALLAMINI, Stéfano Caon. **Avaliação de bactérias psicrotróficas presentes em presunto cozido fatiado e a influência de fatores ambientais na manutenção da qualidade microbiológica e inocuidade do alimento**. 2016. 137p. Dissertação (mestrado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, BR-RS, 2016.

TOMPKIN, R. B. Control of *Listeria monocytogenes* in the food-processing environment. **Journal of food protection**, v. 65, n. 4, p. 709-725, 2002. Disponível em: < <https://doi.org/10.4315/0362-028X-65.4.709>>

WAMBURA, P; VERGHESE, M. Effect of pulsed ultraviolet light on quality of sliced ham. **LWT-Food Science and Technology**, v. 44, n. 10, p. 2173-2179, 2011. Disponível em: < <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2011.05.016>>

YANG, S.; SADEKUZZAMAN, M.; HA, S. Do. Reduction of *Listeria monocytogenes* on chicken breasts by combined treatment with UV-C light and bacteriophage ListShield. **LWT - Food Science and Technology**, v. 86, p. 193–200, 2017. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.lwt.2017.07.060>>.

YIKMIŞ, Seydi. New Approaches in Non-thermal Processes in the Food Industry. **International Journal of Nutrition and Food Sciences**, v. 5, n. 5, p. 344-351, 2016.

ZHU, Y. et al. Reduction of patulin in apple juice products by UV light of different wavelengths in the UVC range. **Journal of food protection**, v. 77, n. 6, p. 963-971, 2014. Disponível em: < <https://doi.org/10.4315/0362-028X.JFP-13-429>>.