

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM TECNOLOGIA DE ALIMENTOS
MESTRADO EM TECNOLOGIA DE ALIMENTOS

ALINE FERNANDA CAMPAGNARO

**VALIDAÇÃO DE TRATAMENTO TÉRMICO DE LOMBO SUÍNO TIPO
CANADENSE DEFUMADO EM ESCALA INDUSTRIAL**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

MEDIANEIRA

2021

ALINE FERNANDA CAMPAGNARO

**VALIDAÇÃO DE TRATAMENTO TÉRMICO DE LOMBO SUÍNO TIPO
CANADENSE DEFUMADO EM ESCALA INDUSTRIAL**

**Validation of the heating treatment of Canadian Swine Loin Smoked on an
industrial scale**

Dissertação apresentada como requisito para
obtenção do título de Mestre em Tecnologia de
Alimentos da Universidade Tecnológica Federal do
Paraná (UTFPR).

Orientador: Prof. Dra. Deisy A. Drunkler

MEDIANEIRA

2021



[4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Esta licença permite que outros remixem, adaptem e criem a partir do seu trabalho para fins não comerciais, desde que atribuam o devido crédito e que licenciem as novas criações sob termos idênticos. Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.



ALINE FERNANDA CAMPAGNARO

**VALIDAÇÃO DE TRATAMENTO TÉRMICO DE LOMBO SUÍNO TIPO CANADENSE DEFUMADO
EM ESCALA INDUSTRIAL**

Trabalho de pesquisa de mestrado apresentado como requisito para obtenção do título de Mestre Em Tecnologia De Alimentos da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Área de concentração: Tecnologia De Alimentos.

Data de aprovação: 26 de Março de 2021

Prof.a Deisy Alessandra Drunkler, Doutorado - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof Denis Fabricio Marchi, Doutorado - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná (Ifpr)

Prof.a Eliane Colla, Doutorado - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof Evandro Bona, - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Dedico este trabalho à Deus, como dedico
à Ele minha vida.

AGRADECIMENTOS

Certamente estes parágrafos não irão atender a todas as pessoas que fizeram parte dessa importante fase de minha vida. Portanto, desde já peço desculpas àquelas que não estão presentes entre essas palavras, mas elas podem estar certas que fazem parte do meu pensamento e de minha gratidão.

Agradeço a minha orientadora Prof. Dra. Deisy, pela sabedoria com que me guiou nesta trajetória. E aos professores do PPGTA, tanto dos campus de Medianeira, como Campo Mourão, que com sua infinita bondade, dividiram seu saber.

Aos meus colegas de sala e de caminhada.

Aos meus colegas de trabalho, que me incentivaram diariamente, principalmente a Dra. Jéssica, Dr. Henrique, Isis, Reginaldo, Gylkyson e João.

Aos Professores Rosa e Eduardo Prestes pela contribuição, incentivo e sabedoria.

A empresa a qual trabalho, a qual dedico minhas horas e aprendo a cada dia.

Aos meus amigos, que me auxiliavam e ficavam horas me ajudando, diria que passavam a madrugada me apoiando, e me confortavam com suas palavras de apoio, principalmente ao Santana, Fernando, Elton, Daiani e Tchiana, que terão meu amor eterno. A tantas outras pessoas que me incentivavam com suas palavras de amor.

Gostaria de deixar registrado também, o meu reconhecimento à minha família, meus pais, Pedrinho e Clemilde, meus irmãos Rodrigo e Camila, e a minha cunhada Grassiela e meu cunhado Douglas, além da luz dos nossos olhos, Bianca, pois acredito que sem o apoio deles seria muito difícil vencer esse desafio.

Enfim, a todos os que por algum motivo contribuíram para a realização desta pesquisa.

Porque sou eu que conheço os planos
que tenho para vocês, diz o Senhor,
planos de fazê-los prosperar e não de
causar dano, planos de dar a vocês
esperança e um futuro.
(Jeremias 29, 11)

RESUMO

CAMPAGNARO, Aline Fernanda. **Validação de tratamento térmico de Lombo Suíno Tipo Canadense Defumado em escala industrial.** 2021. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) – Programa de Pós-Graduação em Tecnologia de Alimentos, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Medianeira, 2021.

A carne suína e seus derivados são amplamente consumidos no mundo, além de serem altamente nutritivos. Um assunto de extrema importância para o consumidor é a segurança alimentar, já que a garantia do consumo de alimentos seguros é essencial. Um dos métodos mais utilizados visando a conservação e eliminação dos microrganismos nos produtos é o processamento térmico de cozimento. Durante a elaboração de produtos cárneos, este tratamento tem por objetivo não somente atribuir as propriedades sensoriais características do produto, mas também garantir a inocuidade. Quando a inocuidade é o ponto central, o binômio tempo/temperatura é essencial para garantir a destruição de todos os microrganismos patogênicos e da maioria dos contaminantes. Para obter essa garantia é necessário validar este tratamento térmico, fazendo-se necessária a definição dos microrganismos mais resistentes no processo. *Salmonella* e *Listeria* estão entre os microrganismos mais relatados na literatura como responsáveis por surtos alimentares, ocasionando até óbitos, sendo encontrados em alimentos prontos para consumo; já o *Enterococcus* é considerado um dos microrganismos mais resistentes aos processamentos térmicos empregados na indústria de produtos cárneos. Logo, o trabalho teve como objetivo validar o processamento térmico do Lombo Suíno Tipo Canadense Defumado em escala industrial, utilizando como microrganismo alvo *Salmonella* spp, *Listeria monocytogenes* e *Enterococcus faecalis*. Primeiramente, avaliou-se a temperatura da estufa de cozimento em 12 pontos (considerados as extremidades e os pontos centrais), obtendo-se o ponto frio localizado no lado esquerdo, altura inferior e profundidade meio. Neste ponto, foram coletadas as temperaturas do cozimento do produto para cálculo de letalidade conforme modelo de *Bigelow*, onde foram observadas reduções superiores as citadas na legislação e literaturas pesquisadas, sendo de 14.215 ciclos para *Salmonella* spp, 641 para *Listeria monocytogenes* e 71 para *Enterococcus faecalis*. Também foram realizadas análises de composição centesimal, propriedades físico-químicas e microbiológicas para atendimento ao regulamento técnico, os quais estavam todos dentro dos padrões preconizados. Com o objetivo de verificar se os binômios tempo e temperatura poderiam ser modificados, resultando em uma redução do tempo de cozimento e otimizando o tratamento térmico, foi realizado uma simulação de transferência térmica utilizando-se de equações matemáticas. Pode-se observar que a temperatura quando atinge 72 °C com 120 minutos de cozimento, simulam as mesmas condições do ciclo completo, que teria temperatura interna até 74 °C e tempo final de 285 minutos, e com relação à segurança alimentar do produto estaria apto para consumo. No entanto, estudos referentes à análise sensorial devem ser realizados para comprovar se o produto encontra-se com as mesmas características sensoriais quando comparado ao processo tradicional. Em virtude dos aspectos mencionados, o processo do tratamento térmico do Lombo Suíno Tipo Canadense Defumado na indústria,

encontra-se apto e pode ser reproduzido, desde que verificados e respeitado as condições de cada processamento térmico.

Palavras-chave: Letalidade. Microrganismos. Segurança alimentar.

ABSTRACT

CAMPAGNARO, Aline Fernanda. **Validation of the heating treatment of Canadian Swine Loin Smoked on an industrial scale.** 2021. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) – Programa de Pós-Graduação em Tecnologia de Alimentos, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Medianeira, 2021.

Pork meat and its derivatives are widely consumed in the world, in addition to being highly nutritious. A subject of extreme importance for the consumer is food security, since the guarantee of safe food consumption is essential. One of the most used methods aiming at the conservation and elimination of microorganisms in the products is the thermal cooking processing. During the elaboration of meat products, this treatment aims not only to attribute the sensory properties characteristic of the product, but also to guarantee the safety. When safety is the focus, the time / temperature binomial is essential to ensure the destruction of all pathogenic microorganisms and most contaminants. To obtain this guarantee, it is necessary to validate this heat treatment, making it necessary to define the most resistant microorganisms in the process. *Salmonella* and *Listeria* are among the most reported microorganisms in the literature as responsible for food outbreaks, even causing deaths, being found in ready-to-eat foods; *Enterococcus*, on the other hand, is considered one of the microorganisms most resistant to thermal processing used in the meat products industry. Therefore, the work aimed to validate the thermal processing of Smoked Canadian Pork Loin on an industrial scale, using *Salmonella spp*, *Listeria monocytogenes* and *Enterococcus faecalis* as the target microorganism. First, the temperature of the cooking oven was evaluated in 12 points (considering the ends and the central points), obtaining the cold point located on the left side, lower height and middle depth. At this point, the product's cooking temperatures were collected to calculate the lethality according to the Bigelow model, where reductions higher than those mentioned in the legislation and researched literature were observed, with 14.215 cycles for *Salmonella spp*, 641 for *Listeria monocytogenes* and 71 for *Enterococcus faecalis*. Analyzes of centesimal composition, physical-chemical and microbiological properties were also carried out to meet the technical regulations, which were all within the recommended standards. In order to verify whether the time and temperature binomials could be modified, resulting in a reduction in cooking time and optimizing heat treatment, a simulation of thermal transfer was performed using mathematical equations. It can be observed that the temperature when it reaches 72 °C with 120 minutes of cooking, simulates the same conditions of the complete cycle, which would have an internal temperature of up to 74 °C and a final time of 285 minutes, and with regard to the food safety of the product, it would be able for consumption. However, studies related to sensory analysis must be carried out to check whether the product has the same sensory characteristics when compared to the traditional process. Due to the mentioned aspects, the process of heat treatment of the Smoked Canadian Type Pork Loin in the industry, is fit and can be reproduced, as long as the conditions of each thermal processing are verified and respected.

Keywords: Lethality. Microorganisms. Food security.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Fluxograma produção de Lombo Suíno Tipo Canadense Defumado.....	29
Figura 2 - Disposição dos sensores da parede do lado esquerdo da estufa	30
Figura 3 - Disposição dos sensores da parede do lado direito da estufa	31
Figura 4 - Disposição dos sensores nas paredes da estufa	31
Figura 5 - Visualização dos sensores alocados nas paredes da estufa	32
Figura 6 - Visualização dos sensores alocados diretamente nos produtos	33
Figura 7 - Resultados referentes a avaliação do parâmetro altura na estufa de cozimento do Lombo Suíno Tipo Canadense Defumado.....	40
Figura 8 - Resultados referentes a avaliação do parâmetro profundidade na estufa de cozimento do Lombo Suíno Tipo Canadense Defumado	41
Figura 9 - Resultados referentes a avaliação do parâmetro lado na estufa de cozimento do Lombo Suíno Tipo Canadense Defumado.....	42
Figura 10 - Resultados referentes a avaliação da interação dos parâmetros lado x profundidade a estufa de cozimento do Lombo Suíno Tipo Canadense Defumado..	42
Figura 11 – Representação do ponto frio da estufa (azul) empregada no cozimento de Lombo Suíno Tipo Canadense.....	43
Figura 12 - Variação da temperatura da estufa ao longo do processo de cozimento do Lombo Suíno Tipo Canadense Defumado no ponto frio da estufa.....	45
Figura 13 - Distribuição de Temperatura (A) temporal no centro geométrico, (B) radial e (C) temperatura média	47

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Programação de tempo e temperatura na estufa para cozimento do Lombo Suíno Tipo Canadense Defumado	28
Tabela 2 - Valor Z de diversos microrganismos relacionados na literatura	34
Tabela 3 - Temperaturas médias dos diferentes pontos da estufa de cozimento utilizada na etapa de cozimento durante elaboração de Lombo Suíno Tipo Canadense Defumado.....	39
Tabela 4 - Tabela da ANOVA com os efeitos de ordem primária, secundária e terciária da temperatura medida nos diferentes pontos da estufa de cozimento.....	39
Tabela 5 - Cálculo da letalidade do processo de cozimento do Lombo Suíno Tipo Canadense Defumado para os microrganismos alvo.....	44
Tabela 6 - Condições de simulação e resultados obtidos para condutividade térmica no ponto geométrico do Lombo Suíno Tipo Canadense Defumado.....	46
Tabela 7 - Avaliação da composição química de Lombo Suíno Tipo Canadense Defumado coletado no ponto frio da estufa em estudo	49
Tabela 8 - Parâmetros microbiológicos de Lombo Suíno Tipo Canadense Defumado coletado no ponto frio da estufa em estudo	50

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
2 OBJETIVO.....	15
2.1 Objetivo Geral.....	15
2.2 Objetivos Específicos	15
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	16
3.1 Carnes Processadas	16
3.1.1 Lombo Suíno Tipo Canadense Defumado	16
3.2 Processos Tecnológicos De Tratamento Térmico De Produtos Cárneos..	17
3.2.1 Otimização De Processos Na Indústria De Carnes E Derivados	19
3.3 Microrganismos Alvo Em Alimentos Processados Termicamente E Doenças Veiculadas.....	20
3.4 Regulamentações De Produtos De Origem Animal	23
3.5 Validação Versus Verificação.....	25
4 MATERIAIS E MÉTODOS	27
4.1 Produção De Lombo Suíno Tipo Canadense Defumado	27
4.2 Estudo De Distribuição De Calor Na Estufa.....	30
4.3 Estudo De Penetração De Calor Na Unidade De Carga	32
4.4 Validação Térmica Da Etapa De Cozimento.....	34
4.5 Simulação De Transferência De Calor Em Lombo Suíno Tipo Canadense Defumado.....	35
4.6 Determinação Da Composição Centesimal, Das Propriedades Físico-Químicas E Microbiológicas De Lombo Suíno Tipo Canadense Defumado.....	38
4.7 Planejamento Experimental E Análise Estatística.....	38
5 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	39
5.1 Estudo De Distribuição De Calor Na Estufa.....	39
5.2 Perfil De Temperatura No Interior Da Peça E Cálculos De Letalidade.....	43
5.3 Simulação Da Transferência De Calor Em Lombo Suíno Tipo Canadense Defumado	45
5.4 Determinação Da Composição Centesimal, Das Propriedades Físico-Químicas E Microbiológicas De Lombo Suíno Tipo Canadense Defumado.....	49
6 CONCLUSÕES	52
REFERÊNCIAS.....	53

1 INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, os hábitos alimentares dos brasileiros vêm se redefinindo, tanto a partir da evolução dos processos industriais, como alteração da rotina. Tais mudanças, influenciam diretamente na qualidade dos alimentos produzidos e consumidos. As escolhas e os hábitos de consumo passaram a apontar para alimentos mais condizentes com o novo estilo, hábitos rápidos e práticos, marcada pela escassez de tempo para preparo e consumo de alimentos (FRANÇA et al., 2012). Há uma maior demanda de carne, logo, há investimentos para tecnologias associadas a industrialização, agregando valor a matéria prima e melhorando seu escoamento.

Segundo a Associação Brasileira de Proteína Animal (ABPA), no ano de 2019, as exportações de carne suína atingiram 750 mil toneladas, equivalente a aproximadamente US\$ 1.597 milhões. A produção brasileira foi de 3.983 mil toneladas, sendo destinados 19% para exportação e 81% para mercado interno. As preparações e embutidos, representam na exportação, 1,53% e 1,41%, respectivamente. O consumo per capita anual de carne suína foi de 15,3 kg/hab. Segundo a Associação Brasileira da Indústria de Alimentos (ABIA), o Brasil é o 4º maior produtor e o 4º maior exportador de carne suína no mundo, 2º exportador de alimentos industrializados em volume e 5º em valor.

A legislação brasileira define Lombo Suíno Tipo Canadense Defumado como “o corte obtido a partir de carcaças de suínos, da região denominada lombo, em peça parcial, adicionado de ingredientes, embutido em envoltórios artificiais, e submetido ao processo tecnológico adequado e defumado” (BRASIL, 2000).

Dentre os processos tecnológicos aplicados na indústria alimentícia, o tratamento térmico destaca-se como uma importante etapa, uma vez que o binômio tempo e temperatura é considerado o principal fator que afeta a qualidade e segurança de produtos alimentícios cozidos. Devido à importância da etapa de cozimento, é necessário o acompanhamento do processo através de controles para que o produto atenda aos padrões, legislações e proteção à saúde dos consumidores. O processamento térmico, denominado pasteurização, consiste em um dos métodos mais utilizados para conservação dos alimentos e sua tecnologia, é de suma importância sanitária (BRIZIO; PRENTICE, 2015).

Estudos de penetração de calor e ensaios microbiológicos são métodos usados para determinar processos térmicos adequados para um determinado produto avaliando o impacto de um tratamento térmico de um ponto de segurança e qualidade (VAN LOEY et al., 1997). O binômio tempo e temperatura é essencial em todo processo térmico, sendo considerado um ponto crítico de controle. A informação necessária para validação do tratamento térmico é a definição do microrganismo alvo e/ou o mais resistente do processo (SHUXIANG et al., 2018). A validação dos processos é baseada na medição direta da destruição de microrganismos em amostras ou sistemas inoculados reunindo dados de tempo e temperatura (LEAPER; RICHARDSON, 1999). Ou seja, para destruição dos microrganismos em ordem logarítmica, é necessário manter as condições térmicas constantes, ocasionando uma determinada porcentagem de células destruídas, em um determinado intervalo de tempo, que será analisada e quantificada através ferramentas matemáticas (FELLOWS, 2006; KNIPE; RUST, 2009; REICHERT, 1988; SILVA, 2004; STUMBO, 1965, CODEX ALIMENTARIUS, 1999).

Doenças de origem alimentar podem ser causadas por bactérias transmitidas por alimentos, envolvendo todo o ciclo, procedência da matéria-prima, higiene dos utensílios, do local de manipulação e manipuladores (ALMEIDA et al., 2016). Os *Enterococcus faecalis* e *E. faecium* estão entre os microrganismos mais resistentes, utilizados como indicadores da eficiência do tratamento térmico e com maior importância em produtos cárneos pasteurizados (FELLOWS, 2006; REICHERT, 1988; STUMBO, 1965; JAY, 2005; KNIPE; RUST, 2009).

A carne suína é conhecida por ser uma importante fonte de salmonelose de origem alimentar, sendo seu habitat natural o trato digestório de humanos e animais. A listeriose é uma doença de origem alimentar que causa maior dano à saúde humana, além de estar associada a produtos prontos para consumo. Segundo a *Foundation for meat and poultry research and education* (2020) e *Food Safety and Inspection Service* (FSIS) - Apêndice A (1999), os microrganismos de importância são *Salmonella ssp* e *Listeria monocytogenes* e apresentam-se como responsáveis por surtos alimentares.

No Brasil, O Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), rege normativas referentes ao produto "Mortadela", em temperatura ambiente, para análise de validação térmica, demonstrando qual o microrganismo alvo e também reduções esperadas (BRASIL, 2005). Como o Lombo Suíno Tipo Canadense Defumado é um

produto nobre na indústria alimentícia e não há parâmetro para validações térmicas, o estudo em questão se fez necessário para atender as necessidades das indústrias alimentícias, pois conforme novo Regulamento da inspeção industrial e sanitária de produtos de origem animal (BRASIL, 2020), a indústria necessita comprovar que seus processos térmicos são eficientes, assegurado produtos com qualidade sanitária.

Em face do exposto, este trabalho teve por objetivo validar o processo térmico do Lombo Suíno Tipo Canadense Defumado, utilizando como microrganismos de referência *Enterococcus faecalis*, *Salmonella spp* e *Listeria monocytogenes*.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Validar o processamento térmico de cozimento durante a produção de Lombo Suíno Tipo Canadense Defumado em escala industrial em uma planta frigorífica de porte médio da Região Oeste do Paraná.

2.2 Objetivos Específicos

- Avaliar o ponto frio da estufa de cozimento;
- Avaliar o processo de cozimento no centro geométrico do Lombo Suíno Tipo Canadense Defumado, no ponto frio da estufa;
- Calcular a letalidade para os microrganismos alvo *Enterococcus faecalis*, *Salmonella spp* e *Listeria monocytogenes*;
- Simular a transferência de calor em Lombo Suíno Tipo Canadense Defumado;
- Verificar o atendimento ao Regulamento técnico de identidade e qualidade do produto Lombo Suíno Tipo Canadense Defumado.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Carnes Processadas

O aumento da demanda de carne fez com que indústrias do mundo inteiro investissem em tecnologias que agreguem valor aos produtos; desta forma, a industrialização é uma alternativa para escoamento de matéria-prima, o que proporciona um aumento na vida útil dos produtos (ORSOLIN et al., 2015).

Como a carne *in natura* um alimento de fácil deterioração, o processamento torna-se uma alternativa, agregando valor ao produto, além de prolongar sua conservação com a adição de ingredientes e métodos de industrialização (OLIVEIRA et al., 2011). Os alimentos processados passam por tratamento de cura, defumação, salga ou uso de conservantes e aditivos químicos para melhorar sua vida útil e sabor (WOLK, 2017).

Os produtos cárneos são aqueles em que as propriedades originais da carne foram modificadas, seja por uso de tratamento físico, químico ou biológico, ou através da combinação destes métodos, visando o prolongamento da vida útil e mantendo as propriedades nutritivas e sensoriais (PARDI et al., 2007). A fabricação de embutidos representa um segmento importante das carnes industrializadas, são produtos obtidos a partir de matérias-primas cárneas submetidas à trituração seguida de mistura com diferentes ingredientes e acondicionamento em tripas naturais ou artificiais, com ou sem cozimento (LEMOS et al., 2008).

3.1.1 Lombo Tipo Suíno Canadense Defumado

Segundo o Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade de Lombo (RTIQ), IN nº 21, de 31 de julho de 2000 (BRASIL, 2000), este produto é definido como sendo “produto cárneo industrializado obtido do corte da região lombar de suínos, ovinos e caprinos, adicionado de ingredientes sendo submetido ao processo tecnológico adequado”. De acordo com a sua tecnologia de fabricação pode ser definido como: Lombo Suíno Tipo Canadense Defumado, obtido a partir do corte de carcaças de suínos denominado de lombo, que pode ser em peça íntegra ou parcial, adicionado

de ingredientes, embutido em envoltórios naturais ou artificiais, e submetido ao processo tecnológico adequado, defumado ou não. O produto deve atender as características físico-químicas e os padrões microbiológicos, segundo a Instrução Normativa Nº 60, de 23 de dezembro de 2019, que se aplica de forma complementar à Resolução da Diretoria Colegiada (RDC) nº 331, de 23 de dezembro de 2019, que substituíram a RDC nº 12, de 2 de janeiro de 2001.

3.2 Processos Tecnológicos De Tratamento Térmico de Produtos Cárneos

No processamento de alimentos, a temperatura é uma das variáveis mais importantes, e as etapas de aquecimento e de resfriamento são comuns a diversas operações unitárias (TADINI et al., 2016). Logo, em indústrias de alimentos, o processo de cozimento é um dos mais importantes para conservação e garantia da qualidade do produto final. A escolha do método de cozimento depende do produto a ser cozido e de outros fatores, como o tipo de envoltório, custo de processo e capacidade da produção (ORSOLIN et al., 2015).

A qualidade final dos produtos submetidos a tratamentos térmicos, depende de variáveis como: a temperatura do equipamento, a umidade relativa e tempo de cozimento, o que interfere profundamente na maciez, suculência, cor e sabor. Elevadas temperaturas de cozimento promovem desenvolvimento de cor e sabor. O conhecimento das propriedades de transferência térmica é essencial para prever e otimizar o binômio tempo e temperatura, além do desempenho de cozimento (RINALDI; CHIAVARO; MASSINI; 2010).

Os processos que utilizam o calor como meio de eliminação de microrganismos dependem da combinação do tempo e da temperatura do processo. Este binômio é estudado para controlar, eliminar ou diminuir o número de microrganismos durante o processamento, manipulação e distribuição de alimentos (RODRÍGUEZ-FERNÁNDEZ et al., 2007). O processamento térmico adequado ou cozimento é muito importante, e um dos métodos mais simples para eliminar microrganismo deteriorantes e patogênicos, bactérias e vírus dos alimentos (DE JONG, 2019), ou seja, é um dos métodos mais eficazes para inativar microrganismos indesejáveis em alimentos e desenvolver sabores, aromas, textura e cor típicos (SILVA; GIBBS; 2012).

As modalidades mais empregadas para o tratamento térmico de produtos cárneos são: a pasteurização (temperaturas inferiores a 100 °C) e a esterilização (temperaturas superiores a 100 °C), a um determinado tempo. A pasteurização pode ser realizada em estufas (calor seco ou vapor) ou em tanques (vapor direto ou indireto, utilizando água), e a esterilização é realizada em autoclaves. Os produtos cárneos pasteurizados devem alcançar em seu interior temperatura suficiente, superior a 70 °C, para a coagulação das proteínas cárneas, inativação enzimática e destruição de formas vegetativas dos microrganismos (ORDÓÑEZ et al., 2006; REICHERT, 1988; MARCOTTE et al., 2008).

A maioria dos processos de cozimento ocorre por aquecimento escalonado, ou seja, conforme o tempo do processo, a temperatura vai aumentando, e ao final, o produto entra em processo de resfriamento. Este aquecimento depende de fatores, como o equipamento ou método de cozimento utilizado, tamanho das peças e a transferência de calor no produto. As medidas de temperatura do produto durante o processo de cozimento devem ser efetuadas no seu ponto mais frio (GERMER et al., 1995).

Os processos térmicos deverão produzir a redução logarítmica desejada do microrganismo alvo, para alcançar o grau desejado de inocuidade. Esta redução logarítmica é calculada para o ponto mais frio do equipamento e nas condições mais desfavoráveis no que diz respeito ao tipo de contaminação, a carga microbiana e a transferência de calor nos produtos (CODEX ALIMENTARIUS, 1999). Segundo Miller et al. (2009) o modelo de Bigelow é o mais utilizado na descrição da dependência dos parâmetros com a temperatura. Com os dados do binômio (tempo e temperatura) do processo, coletados por sensores calibrados, a letalidade é calculada utilizando-se o valor D e Z. Os valores de D e Z são baseados na literatura. O valor D é conhecido como a resistência térmica do microrganismo ou tempo de redução decimal, definido como o tempo em minutos a uma determinada temperatura necessária para destruir 90% dos organismos de uma população ou para reduzir uma população a um décimo do número original de microrganismos presente no alimento (GAVA et al., 2008; CODEX ALIMENTARIUS, 1999; KNIPE e RUST, 2009). O valor de Z corresponde ao intervalo da temperatura que gera uma variação de 10 vezes no valor D, ou seja, é numericamente igual a variação de temperatura necessária para a curva de resistência térmica atravessar um ciclo logarítmico, sendo a resistência relativa do microrganismo (FORSYTHE, 2010; VASCONCELOS; MELO FILHO, 2010). E o valor

de F ou tempo de morte térmica é o tempo necessário para inativar, em condições específicas, um determinado número de microrganismos, a uma temperatura e valor Z específico. Sabendo-se dos valores de D e Z, é possível estabelecer o processo em termos de valores de F requeridos para a segurança dos alimentos (FORSYTHE, 2010; VASCONCELOS; MELO FILHO, 2010).

3.2.1 Otimização de processos na indústria de carne e derivados

O conhecimento das propriedades termofísicas do alimento (densidade, calor específico, condutividade térmica e difusividade térmica) é fundamental para a avaliação de operações unitárias que envolvam transferência de calor (TADINI et al., 2016), já que são importantes parâmetros utilizados na otimização de processos como pasteurização, esterilização e cocção, e sistemas de refrigeração e congelamento (KARUNAKAR et al., 1998).

Paluri, Phinney e Heldman (2018) destacam mudanças significativas na área de modelagem preditiva de propriedades termofísicas, sendo a melhor abordagem utilização de instrumentos com alta tecnologia associados a um software avançado de análise de dados. Marcotte, Taherian e Karimi (2008) mencionam que as propriedades térmicas são parâmetros para otimizar o design e os sistemas de refrigeração, cozimento e congelamento. Além de serem essenciais na modelagem e na avaliação de processamento de alimentos que envolvem transferência de calor, são importantes, quanto aos custos de energia, a qualidade e a segurança alimentar (PEREIRA et al., 2013).

A estimativa do calor total a ser adicionado ou removido, no processamento industrial, está diretamente relacionada aos custos de energia. O calor excessivo pode levar a uma redução da qualidade do produto final e onerar o processo desnecessariamente, enquanto que sua ineficiência pode acarretar produtos sensorialmente indesejáveis e falta de segurança alimentar (PEREIRA et al., 2013). Marcotte, Taherian e Karimi (2008) citam como exemplo, a salsicha, que tem sua temperatura interna a 72 °C, e no final do processamento, o seu resfriamento deve chegar a 15 °C, ou seja, suas propriedades térmicas devem atender a segurança térmica. Logo, é necessário conhecer as características dos produtos, pois estas

características irão definir os métodos utilizados e sua otimização, conforme demonstram seus estudos realizados com produtos processados de carnes e aves. Zhang et al. (2004) também relata que é necessário o conhecimento da matéria a ser estudada, pois a massa se comporta de diferentes formas, alterando assim as interações e propriedades.

3.3 Microrganismos Alvo Em Alimentos Processados Termicamente E Doenças Veiculadas

A segurança alimentar é essencial do campo à mesa do consumidor (AKTOP et al., 2020). Patógenos que podem ser transmitidos pela água e alimentos causam uma variedade de doenças, incluindo gastroenterite, diarreia, hepatite, cólera ou febre tifóide (MCCARTON; O'HOGAIN, 2017). Estas doenças, por sua vez, podem ser transmitidas tanto por alimentos *in natura* como prontos para consumo (SPANU; JORDAN, 2020).

As doenças veiculadas por alimentos são consideradas pela Organização Mundial da Saúde (OMS) como um dos maiores problemas de saúde pública, podendo causar um leve mal estar ou até a morte, especialmente para as populações idosas, imunocomprometidos ou com menos de 5 anos de idade (OMS, 2019).

Existe uma preocupação crescente quanto aos produtos cárneos derivados de suínos, uma vez que estes podem ser possíveis veiculadores dos microrganismos *Salmonella* e *Listeria monocytogenes*, principalmente àqueles prontos para consumo (MOTTIN et al., 2006; SALVATORI et al., 2003).

Salmonelas estão presentes na natureza amplamente, sendo o trato digestório do homem e de animais o principal reservatório natural. É um dos patógenos com maior envolvimento com doenças de origem alimentar (WHO, 2002). O gênero *Salmonella* pertence à família *Enterobacteriaceae*, compreendendo bacilos gram-negativos que não produzem esporos, anaeróbios facultativos que produzem gás a partir de glicose, a maioria é móvel, utilizam flagelos peritríquios, pH ótimo é em torno de 7,0, temperatura entre 35 e 37 °C, tolerância de sal superior a 9% (FRANCO; LANDGRAF, 2008). Para que a doença alimentar seja instaurada, é necessário que uma grande população (10^7 a 10^9 UFC/g) esteja presente na porção ingerida (JAY,

2005). Esse microrganismo causa doenças através da ingestão de alimentos contaminados, atravessando a camada epitelial intestinal, onde se proliferam, resultando em inflamação (HAIMOVICH; VENKATESA, 2006).

A carne suína é conhecida por ser uma importante fonte de salmonelose de origem alimentar, já que os suínos são frequentemente portadores assintomáticos de *Salmonella*, eliminando essas bactérias nas fezes, o que facilmente pode levar à contaminação da pele ou via oral por outros suínos durante o transporte ou abate (BOLLESLEV et al., 2017). Porém, produtos cárneos também estão associados às salmoneloses. A *Salmonella* é mais resistente ao calor do que *E. coli* O157 e os níveis de contaminação são mais altos do que os da *Listeria*, que geralmente está presente como resultado de recontaminação. Sabe-se que a contaminação por este microrganismo pode ocorrer devido a falhas nas boas práticas de fabricação, como controle inadequado de temperatura, práticas de manipulação ou contaminação cruzada (SAMUEL et al., 2007), e também dependerá do nível de higiene do abate e do nível de higiene e temperaturas nas etapas de processamento subsequentes, ou seja, corte e varejo (BOLLESLEV et al., 2017).

A salmonelose é uma doença que apresenta sintomas como cólicas abdominais, vômito, febre e diarreia, quando atinge crianças, idosos e imunocomprometidos pode se tornar grave, levando até a morte (SAMUEL et al., 2007).

O gênero *Listeria* spp. são bastonetes gram positivos, não produtores de esporos e anaeróbios facultativos (HOLT et al., 1994). Possui natureza ubiquitária, psicrófila, microaerófila, com grande resistência a adversidades (BRANCO et al., 2003; ICHIRO SAKATE et al., 2003; JOFRÉ et al., 2005). Estão envolvidas em um grande número de surtos de origem alimentar, sendo os alimentos prontos para consumo, armazenados por longos períodos em refrigeração, principalmente os produtos cárneos, os mais relacionados aos surtos (INGHAM et al., 2004). Dentre as espécies, *Listeria monocytogenes* é considerada a mais patogênica para os humanos (AKTOP et al., 2020; GUO et al., 2019; SILVA et al., 2010). Causa uma infecção denominada listeriose, podendo atingir recém-nascido, gestantes, idosos e pessoas com condições imunocomprometedoras (BARROS et al., 2007; GANDHI; CHIKINDAS, 2007; GOMEZ et al., 2014) com altas taxas de mortalidade e morbidade (LEE et al., 2018; STRATAKOS et al., 2020). Seus sintomas podem estar associados a problemas de saúde, como gastroenterite, septicemia, meningite,

meningoencefalite, endocardite e abortos (BRANCO et al., 2003; CHARLIER et al., 2017; DESAI et al., 2019; NICHOLS et al., 2020; ZHU et al., 2017). Pode ser encontrada em produtos derivados de leite, carnes, frutos do mar, vegetais e alimentos prontos para consumo (LEE et al., 2018), crescendo entre 0,4 e 50 °C (GUO et al., 2019; ZHU et al., 2017).

A classificação taxonômica dos membros do gênero *Streptococcus* e *Enterococcus* passou por alterações nos últimos anos e no início do Século XX, Thiercelin e Jouhaud propuseram a criação do gênero *Enterococcus* para designar diplococos Gram-positivos (MORRISON et al., 1997). Porém, foram agrupados, por similaridade, no gênero *Streptococcus*, posteriormente, em função das suas características antigênicas foram classificados como *Streptococcus* do grupo D de Lancefield (HARDIE; WHILEY, 1997). O gênero *Enterococcus* para agrupar as espécies de *Streptococcus faecalis* e *S. faecium* foi criado e proposto por Kalina (1970), baseando-se nas diferenças morfológicas, biológicas e sorológicas. Mas, foi aceita somente a partir das evidências genéticas fornecidas por estudos conduzidos por Schleifer e KilpperBälz (1984).

Os *Enterococcus* compõem a microbiota intestinal de seres humanos e animais saudáveis, amplamente distribuídos no ambiente (AARESTRUP, 2002; ZOU et al., 2011; FOKA; COLLINS, 2019), além de ser um importante patógeno oportunista, estando associado com uma diversidade de infecções humanas (GIRAFFA, 2002; KLARE et al., 2003; LÓPEZ et al., 2009), são cocos Gram-positivos, não formadores de esporos, anaeróbios facultativos (MORENO et al., 2006), apresentando temperatura ótima de crescimento a 35 °C, capazes de crescer em meio contendo 6,5% de NaCl, além de possuir tolerância de até 40% aos sais biliares (LEVINSON; JAWETZ, 2005) e resistência ao estresse químico e físico, sobrevivendo por longos períodos fora do seu hospedeiro (KUHN et al., 2000), podendo apresentar uma maior sobrevivência aos enteropatógenos, no solo, vegetais e em alimentos. (FRANCO; LANDGRAF, 2008).

As espécies mais importantes de *Enterococcus* são *E. faecium* e *E. faecalis*, frequentemente implicadas em infecções em animais e humanos imunocomprometidos, como bacteremia, septicemia, infecções do trato urinário, infecções de feridas, meningites e endocardites (MORENO et al., 2006; ZOU et al., 2011; FOKA; COLLINS, 2019).

Salmonella e *Enterococos* são transportados no trato intestinal, concluindo-se que contaminam a carne suína pelos mesmos mecanismos, além de compartilharem características de crescimento semelhantes (fase de latência e taxa máxima de crescimento específico) em temperaturas em torno de 5–10 ° C (BOLLESLEV et al., 2017).

Segundo Marcotte et al. (2008) e Reichert (1988), os *Enterococcus* são mais resistentes que outros microrganismos, como a *Salmonella*, *Listeria* e *Staphylococcus*. Moreno et al. (2006) menciona que são resistentes a temperaturas de pasteurização, adaptando-se a diferentes substratos e condições de crescimento. Logo, são indicadores da eficiência do tratamento térmico e com maior importância em produtos cárneos pasteurizados (FELLOWS, 2006; REICHERT, 1988; STUMBO, 1965; KNIPE; RUST, 2009). Quando se realiza o cálculo da letalidade do cozimento, o número de reduções de ciclos logarítmicos recomendado para produtos pasteurizados é da ordem de 5 a 10 (STUMBO, 1965; REICHERT, 1988; BRASIL, 2015). *Food Safety and Inspection Service (FSIS)*, Apêndice A - Diretrizes de Conformidade para Reunião Padrões de desempenho de letalidade para certas carnes e Produtos de Aves, (USDA/FSIS, 2017) também é amplamente utilizado pelas indústrias de carnes e aves para estabelecer requisitos de redução de patógenos descritos aos processos térmicos.

3.4 Regulamentações De Produtos De Origem Animal

A segurança alimentar é um assunto de extrema importância e possui um grande impacto na opinião pública, sendo um direito de todos os consumidores a garantia de que os alimentos que ingerem são aptos para consumo (KLETER; MARVIN, 2009).

No Brasil, o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) instituiu o sistema de Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controle (APPCC) através da Portaria nº 46, de 10 de fevereiro de 1998, sendo um sistema de análise que identifica perigos e medidas preventivas para seu controle, objetivando a segurança do alimento, garantia da qualidade e integridade econômica, baseando-se na prevenção, eliminação ou redução dos perigos em etapas da cadeia produtiva (BRASIL, 1998). O APPCC tem como objetivo fornecer às indústrias as diretrizes

básicas para apresentação, implantação, manutenção e verificação do APPCC, assegurando que os produtos sejam elaborados sem perigos à saúde pública, com padrões uniformes de identidade e qualidade, atendendo às legislações nacionais e internacionais, elaborados sem perdas de matérias-primas e sendo assim, mais competitivos (BRASIL, 1998). Ferramentas de qualidade implantadas, que devem ser mantidas e monitoradas, são os programas de autocontrole, exigidos pelo MAPA através da Norma Interna DIPOA/SDA nº 01 de março de 2017 (BRASIL, 2017). Todas estas ferramentas são interligadas e utilizadas como formas de validações de processos e produtos.

Os riscos microbiológicos podem ser controlados por uma combinação de fatores inibidores, chamados obstáculos, que podem ajudar a retardar ou impedir o crescimento de alguns microrganismos, incluindo os patogênicos. Alguns dos obstáculos, assim como o próprio processamento o qual o alimento está sendo submetido, além da refrigeração, incluem diminuição do pH e adição de conservantes (CODEX ALIMENTARIUS, 1999). Sobre os padrões microbiológicos em produtos cárneos no BRASIL, tem-se a Instrução Normativa Nº 60, de 23 de dezembro de 2019, que se aplica de forma complementar à Resolução da Diretoria Colegiada (RDC) nº 331, de 23 de dezembro de 2019, que substituem a RDC nº 12, de 2 de janeiro de 2001.

Com relação as metodologias de validação para processos térmicos, somente há Legislação específica para o produto “Mortadela” comercializada em temperatura ambiente (Ofício-Circular nº 005/2015/CGI/DIPOA/SDA de 27 de julho de 2015 e Ofício-Circular nº 006/2015/CGI/DIPOA/SDA de 6 de agosto de 2015). Brasil (1995) cita que a temperatura mínima interna dos produtos deve atingir 71 °C. Reichert (1988) e Marcote et al. (2008) demonstraram que o tratamento térmico de 71,1 °C por 3 minutos é suficiente para eliminar microrganismos, como: *Salmonella*, *L. monocytogenes*, *E. coli* e outras *Escherichias coli* produtora de toxina shiga (STECs). O Decreto 9.013/201, que foi alterado pelo Decreto 10.468/2020, citam o cozimento em temperatura de 76,6 °C por 30 minutos para produtos condicionais (produtos e matérias-primas que não cumprem com os requisitos da legislação, mas permitem seu aproveitamento para outros fins conforme destinação de autoridade competente), mas menciona que podem ser utilizados processos diferentes, desde que haja garantias

com embasamento técnico-científico e aprovação do Departamento de Inspeção de Produtos de Origem Animal.

3.5 Validação Versus Verificação

É comum em segurança alimentar confundir os termos validação e verificação. A validação é um procedimento dentro dos processos de verificação (SPERBER, 1998). Como são aplicações amplamente utilizadas, é importante estabelecer uma concordância sobre as definições, tendo o mesmo entendimento para facilitar sua aplicação (AMORIM, 2008).

Estabelecer critérios documentados assegurando a execução de procedimentos de maneira reprodutível é denominado validação, pode ser realizada em termos de validação física (medida de temperatura) e validação microbiológica (análise dos produtos), pode ser definida como obtenção de provas que demonstrem que uma medida de controle ou suas combinações são capazes de controlar o perigo com um resultado específico (CODEX ALIMENTARIUS, 2008), ou seja, é a comprovação que os limites críticos são capazes de controlar os perigos identificados nos pontos críticos (SCOTT, 2003).

As diretrizes para Validação das Medidas de Controle da Inocuidade dos Alimentos, segundo o *Codex Alimentarius* (2008), podem comprovar que as medidas escolhidas realmente foram capazes de garantir o controle sobre o perigo. A validação deve ser concentrada na informação técnica, científica e medidas de controle adequadas, envolvendo experimentos, estudos e aplicação de modelos matemáticos. O processo de validação deve estar embasado em: referências científicas, estudos prévios e dados históricos; dados experimentais cientificamente válidos que demonstrem a idoneidade da medida de controle; obtenção de dados em condições normais da produção; modelos matemáticos devidamente validados, ou seja, com R² adequados. Ao final da validação demonstra-se que se é capaz de controlar o perigo com resultado previsto e que se pode implementar.

A verificação é a aplicação de métodos e procedimentos em adição àqueles previstos no plano para determinar se o sistema APPCC está sendo realizado de acordo. A validação é muito importante, na precisão dos métodos de medidas, pois

estes também necessitam ser validados, para que dados confiáveis sejam coletados (CODEX ALIMENTARIUS, 2008).

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Produção De Lombo Suíno Tipo Canadense Defumado

Para a elaboração do Lombo Suíno Tipo Canadense Defumado (Figura 1), foram utilizados recortes de lombo, originários de abate de suínos de uma planta industrial de porte médio, com capacidade de abate de 800 cabeças/dia, localizado na Região Oeste do Paraná. Os recortes foram pesados e triturados em disco com diâmetro de 18 mm, acondicionados em carros de aço inox. Em um tanque de inox, foi preparada uma salmoura com água, sal e sal de cura, logo em seguida, foi adicionada ao tanque de inox os demais ingredientes e os recortes, onde permaneceram misturando automaticamente por aproximadamente 45 minutos. Na sequência, a massa produzida foi transferida para carrinhos de inox com capacidade para 250 a 300 kg, e destinadas para a câmara de cura de massas a temperatura entre 5 a 10 °C onde permaneceram em repouso pelo tempo mínimo de quatro horas. Na continuação, os carros contendo as massas foram transferidas em fluxo contínuo, para a sala de embutimento de enformados climatizada a temperatura de até 12 °C, onde foram embutidas em tripas fibrosas de calibre 78, com 26 ou 12 cm de comprimento e 7 cm de largura (diâmetro), em embutideiras de inox (Incomaf 5001, RISCO, Rio Grande do Sul). As peças foram penduradas em varas de inox e organizadas em grades de inox providas de roda e depois transportadas até o setor de tingimento, onde receberam uma ducha de aroma natural de fumaça líquida. Depois de tingidas as peças, ainda nas varas, foram enviadas para a sala de cozimento através de óculo e foram penduradas em grades de inox providas de rodas, transportadas para a estufa de cozimento e defumação onde seguiram a programação de tempo e temperatura apresentados na Tabela 1. Finalizado o cozimento, realizou-se o choque térmico com três chuveiradas de água clorada (0,2 a 2,0 ppm) a temperatura ambiente durante um minuto com pausas de um minuto entre elas e logo após foram direcionadas para a câmara de resfriamento climatizada a temperatura de 0 °C +/- 2 °C, até as peças atingirem internamente a temperatura abaixo de 8 °C. Na continuação, no setor de embalagem primária dos defumados, foram acondicionados em sacos de polietileno de alta densidade impressos ou com rótulo adesivo e selados a vácuo em sua extremidade aberta, com capacidade 0,6 a 1,0 kg. Posteriormente, através de óculo, as peças já embaladas foram destinadas ao setor de embalagem

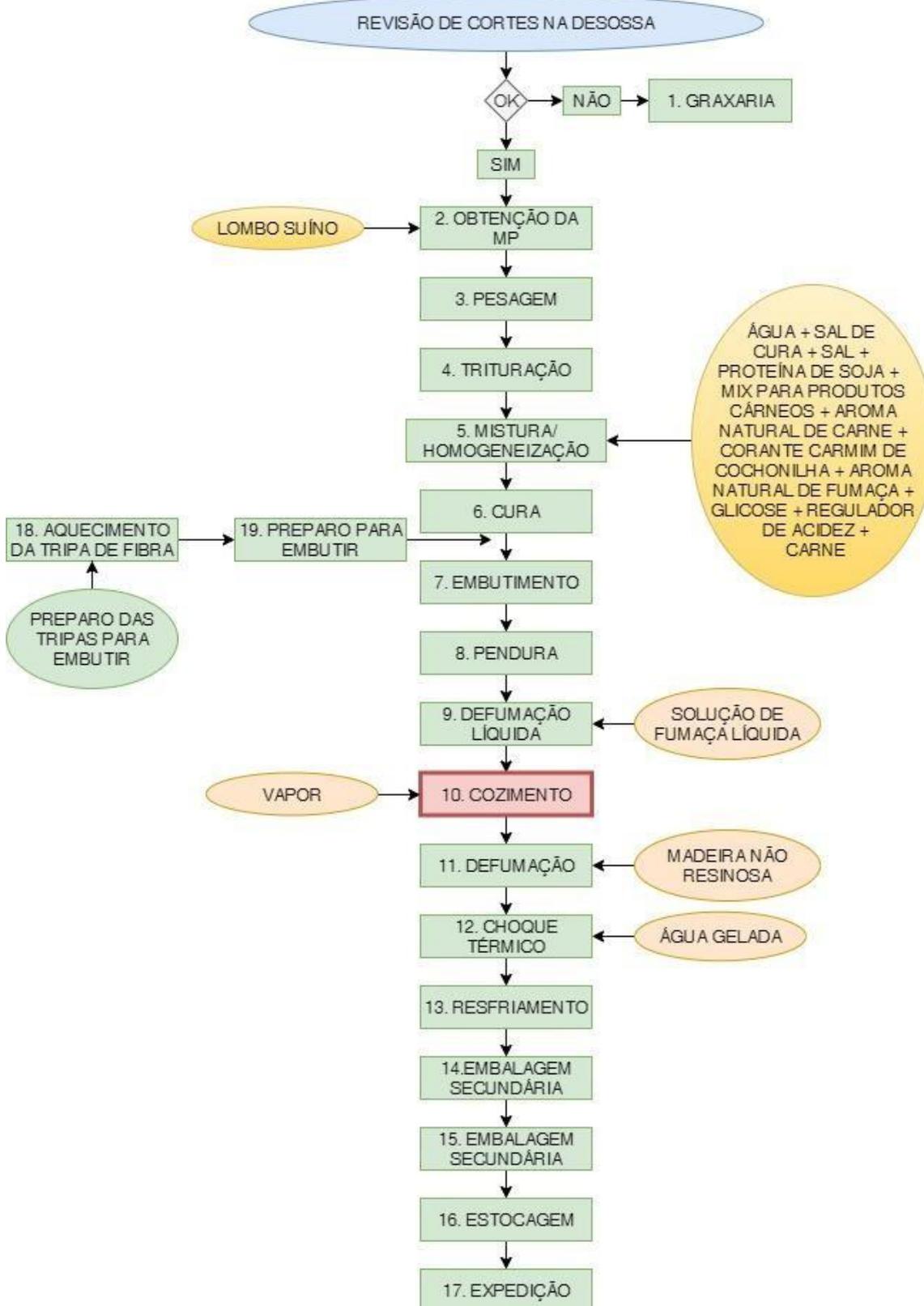
secundária, climatizada a temperatura abaixo de 12 °C, onde os pacotes foram acondicionados em caixas de papelão, com capacidade máxima de 12 kg, e fechadas através de fitas adesivas. Na sequência, foram previamente identificadas através de um rótulo adesivo para fins de controle de estoque; paletizadas e armazenadas em câmara de estocagem, climatizada a temperatura de até 10 °C, até o momento de sua expedição.

Tabela 1 - Programação de tempo e temperatura na estufa para cozimento do Lombo Suíno Tipo Canadense Defumado

Temperatura (° C)	Tempo (min)	Observações
60	30	Chaminé aberta para secagem
65	45	Chaminé aberta
70	60	Chaminé aberta
72	30	Chaminé aberta
75	60	Chaminé aberta
80	60	Chaminé fechada e defumação

Fonte: Autor (2021)

Figura 1 - Fluxograma de produção de Lombo Suíno Tipo Canadense Defumado



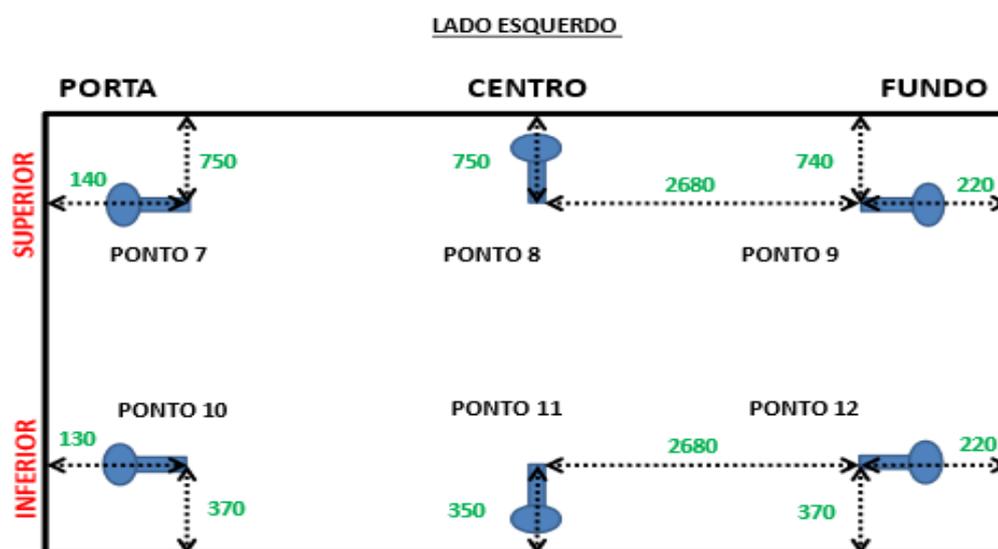
Fonte: Autor (2021).

4.2 Estudo De Distribuição De Calor Na Estufa

Para tal estudo, foi utilizado uma estufa de cozimento (Modelo EMI 10 CP VPI, INCOMAF, Rio Grande do Sul), com ventilação de ar forçada e cozimento à seco (estufa com 5,8 metros de comprimento; 2,27 metros de altura e 2,85 metros de largura), conforme programação de temperatura e tempo especificados na Tabela 1, com capacidade para dez carros de inox cada uma, alocadas de duas em duas na estufa, os carros possuíam peças grandes e pequenas de lombo. Conforme orientação do fornecedor, cada carro pode ter, no máximo, 400 kg para melhor desempenho.

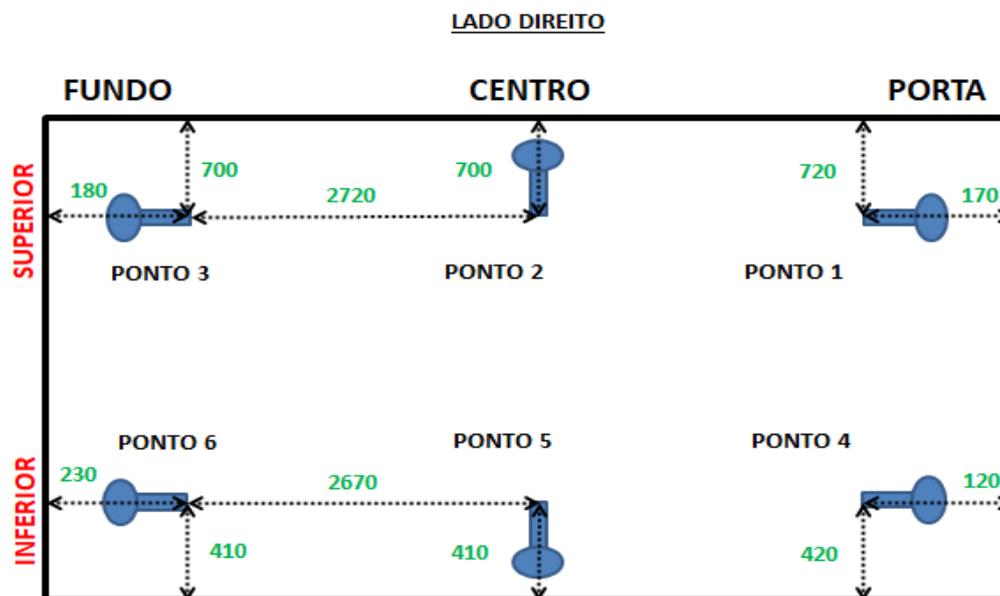
A avaliação do ponto frio da estufa foi realizada com auxílio de sensores previamente calibrados (NOVUS, Fieldlogger, Porto Alegre, RS, Brasil), com faixa de trabalho de $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $+200\text{ }^{\circ}\text{C}$, resolução $0,1\text{ }^{\circ}\text{C}$, com coleta de dados de 2 em 2 minutos, de acordo com a metodologia descrita por Santos Filho e Penna (2003) com adaptações. Os sensores foram distribuídos em 12 pontos distintos na estufa (Figuras 2, 3, 4 e 5) fixados na parede sem estabelecer contato com a sua superfície durante os estudos de distribuição de calor. As leituras para avaliação do ponto frio foram realizadas em duplicatas na estufa com capacidade máxima, ou seja, duas bateladas de, aproximadamente, 4.000 kg seguindo a programação de tempo e temperatura de cozimento do produto (Tabela 1).

Figura 2 - Disposição dos sensores da parede do lado esquerdo da estufa



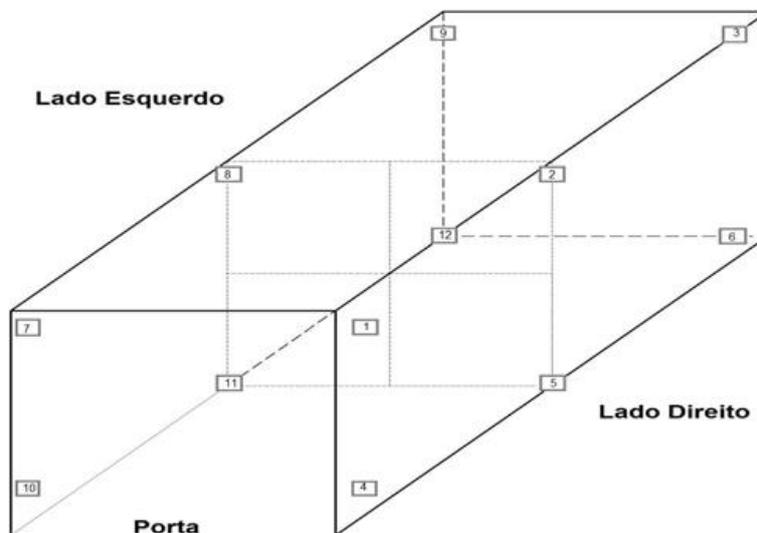
Fonte: Autor (2021)

Figura 3 - Disposição dos sensores da parede do lado direito da estufa



Fonte: Autor (2021)

Figura 4 - Disposição dos sensores nas paredes da estufa



Fonte: Autor (2021)

Figura 5 – Visualização dos sensores alocados nas paredes da estufa



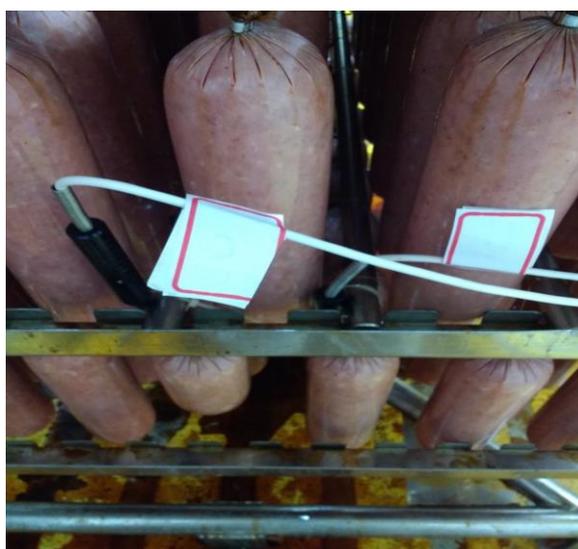
Fonte: Autor (2021)

4.3 Estudo De Penetração De Calor Na Unidade De Carga

Uma vez determinado o ponto frio, foi realizada nova produção de lombos, que foram submetidos ao cozimento na estufa, realizado e acompanhado através de um programa de cozimento específico para acompanhamento da curva de cozimento (Tabela 1), novamente na capacidade máxima, tanto nas peças grandes, como as pequenas. Para coleta de dados do processo térmico, utilizou-se sensor (Fieldlogger, NOVUS, Porto Alegre, RS, Brasil), com faixa de trabalho de $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $+200\text{ }^{\circ}\text{C}$ (previamente calibrado), resolução $0,1\text{ }^{\circ}\text{C}$, com coleta de dados de 2 em 2 minutos,

com PT100 adequado para atingir o centro geométrico da peça, através do auxílio de um paquímetro. O processo foi realizado em duplicata, ou seja, duas bateladas (duas novas produções) de aproximadamente 4.000 kg (Figura 6).

Figura 6 – Visualização dos sensores alocados diretamente nos produtos





Fonte: Autor (2021)

4.4 Validação Térmica Da Etapa De Cozimento

Os dados de temperatura interna, obtidos do item 4.3, foram utilizados para o cálculo da letalidade dos microrganismos alvos do cozimento do produto elaborado.

Para o cálculo de letalidade, foram utilizados os valores citados na literatura e presentes na Tabela 2.

Tabela 2 - Valor Z para os microrganismos alvo do processo relacionados na literatura

Microrganismo	Alvo Indicado por	T _{ref} (°C)	D (min.)	Z (°C)	P	Referência D, Z
<i>Salmonella spp</i>	1, 2, 3, 4	65,6	0,172	5,6	> 12	1
<i>Enterococcus faecalis</i>	2	70	2,95	10	> 6	2
<i>Listeria monocytogenes</i>	3	65	1,67	8	> 6	3

(1) Stumbo, 1973 (2) Feiner, 2006; (3) NZFSA (4) FSIS/EUA

Sendo: Z (°C) a variação de temperatura necessária para modificar o valor de D (tempo de redução decimal) por um fator de dez; D_{ref} (min) o valor de D a T_{ref} (temperatura de referência); L é o índice de letalidade do processo térmico ou valor letal, F_{Tr} o valor de F ou tempo de morte e Δt o intervalo de tempo entre duas medidas sucessivas de temperatura.

A taxa letal (L) foi calculada em cada faixa de temperatura avaliada (Equação 1), isto é, a diminuição da temperatura obtida menos a temperatura de referência e dividido pelo valor de Z tabelado, depois o resultado foi multiplicado por 10; o valor resultante, ao final, foi somado para todas as faixas de temperatura calculadas, obtendo-se a taxa letal (L); logo após, esta taxa foi multiplicada pela variação de

tempo, como o produto foi acompanhado de 2 em 2 minutos, os valores da $\sum L$ foram multiplicados pelo ΔT de 2 min (Equação 2); o valor obtido foi dividido pelo valor de D tabelado (Equação 3). O valor de D tabelado foi obtido na literatura e o valor de D requerido foi recomendado pela legislação e/ou obtido da literatura, servindo como orientação e comparação para avaliar a eficiência do tratamento térmico.

Para o cálculo de letalidade foi utilizado o modelo de *Bigelow* por ser o mais utilizado na descrição da dependência dos parâmetros com a temperatura (Miller et al., 2009), abaixo descrito nas equações:

$$L = 10^{(T-Tr)/Z} \quad (1)$$

$$F_{Tr} = (L_1 + L_2 + L_3 + \dots + L_{n-1}) \times \Delta T \quad (2)$$

$$\text{Número de reduções} = F/D \quad (3)$$

Sendo: Z (°C) a variação de temperatura necessária para modificar o valor de D (tempo de redução decimal) por um fator de dez; Dref (min) o valor de D a Tref (temperatura de referência); L é o índice de letalidade do processo térmico ou valor letal, FTr o valor de F ou tempo de morte e Δt o intervalo de tempo entre duas medidas sucessivas de temperatura.

4.5 Simulação Da Transferência De Calor Em Lombo Suíno Tipo Canadense Defumado

A transferência de calor por condução no Lombo Suíno Tipo Canadense Defumado foi modelada usando a equação de Fourier (4),

$$\frac{\partial T}{\partial t} = \kappa \nabla^2 T \quad (4)$$

Onde T é a temperatura (K), t é o tempo (s) e κ é a condutividade térmica ($W m^{-1} K^{-1}$).

Foram avaliados Lombos Suínos Tipo Canadense Defumados em dois tamanhos de peças: grandes (26 cm de comprimento x 7 cm de diâmetro) e pequenos (12 cm de comprimento x 7cm de diâmetro). De acordo com a geometria e as dimensões do Lombo Suíno Tipo Canadense Defumado, o domínio de simulação foi considerado como um cilindro sólido infinito. Ou seja, apenas a contribuição radial foi considerada no processo de transferência de calor e a equação (4) pode ser simplificada para a equação 5.

$$\frac{\partial T}{\partial t} = \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left(r \kappa \frac{\partial T}{\partial r} \right) \quad (5)$$

onde r é o raio (metros). Como condição inicial foi adotada a temperatura dos lombos antes do cozimento para todo o domínio (6)

$$T = T_i \quad 0 < r < a \quad t = 0 \quad (6)$$

onde T_i é a temperatura (K) inicial do lombo e a é o raio (m) dos lombos simulados. Foi adotada a condição de contorno de Dirichlet (7)

$$T = T_s \quad r = a \quad t \geq 0 \quad (7)$$

onde T_s é a temperatura (K) na superfície do Lombo Suíno Tipo Canadense Defumado. Foi considerada que a temperatura na superfície era igual a temperatura registrada em um termômetro instalado na estufa em uma região próxima dos Lombos Suínos Tipo Canadense que tiveram a temperatura monitorada (Ponto 11 - ponto frio da estufa).

A partir da equação (5), considerou-se a condição inicial (6) e de contorno (7), a solução para o problema de transferência de calor por condução foi obtida através da equação (8) desenvolvida por Carslaw e Jaeger (1959) e também apresentada por Crank (1975) para a transferência de massa por difusão.

$$\frac{T - T_i}{T_s - T_i} = 1 - \frac{2}{a} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{\exp(-\kappa \alpha_n^2 t) J_0(r \alpha_n)}{\alpha_n J_1(a \alpha_n)} \quad (8)$$

Na equação (8), $J_0(x)$ e $J_1(x)$ são funções de Bessel de primeiro tipo de ordem zero e primeira ordem, respectivamente. Já α_n são as raízes positivas da equação (9).

$$J_0(a \alpha_n) = 0 \quad (9)$$

Para a utilização da equação (8) na simulação da transferência de calor por condução no Lombo Suíno Tipo Canadense Defumado foi desenvolvida uma rotina no software MATLAB R2008b. Em todas as simulações a série foi truncada após o décimo termo ($n = 10$). O desvio percentual dos valores observados em relação aos valores simulados foi calculado através da equação (10)

$$\%desvio = \frac{100}{N} \sqrt{\sum_{i=1}^N \left(\frac{T_{simul}^i - T_{obs}^i}{T_{obs}^i} \right)^2} \quad (10)$$

onde T_{obs}^i é a temperatura medida no centro geométrico do Lombo Suíno Tipo Canadense Defumado, T_{simul}^i é a temperatura simulada para esse mesmo ponto e N é a quantidade total de temperaturas medidas.

O valor do coeficiente efetivo de condutividade térmica (κ) foi ajustado para obtenção do menor desvio percentual entre os dados observados e simulados. Após a determinação do valor da condutividade térmica, foram simulados os perfis radiais de distribuição da temperatura para diferentes tempos de cozimento. Também foi calculada a temperatura média do lombo para cada tempo de cozimento usando a equação (11). A integral da equação (11) foi aproximada através de uma regra trapezoidal. Com o gráfico de temperatura média foi possível estabelecer o tempo necessário para o lombo atingir uma determinada temperatura.

$$T_{m\u00e9dia} = \frac{\int_0^a T_{simul}(r) dr}{a} \quad (11)$$

4.6 Determina\u00e7\u00e3o Da Composi\u00e7\u00e3o Centesimal, Das Propriedades F\u00edsico-Qu\u00edmicas E Microbiol\u00f3gicas De Lombo Su\u00edno Tipo Canadense Defumado

Com o intuito de verificar se produto atendia o padr\u00e3o de identidade e qualidade, amostras foram coletadas e submetidas as an\u00e1lises qu\u00edmicas: lip\u00eddios (butirom\u00e9trico), NMKL 181:2005; nitrato e nitrito, NMKL 194:2013; prote\u00edna (base \u00famida), ISO 1871:2009; umidade e vol\u00e1teis, ISO 1442:1997; carboidratos totais, Manual MAPA1.6:2019.

As amostras foram submetidas as an\u00e1lises microbiol\u00f3gicas de pesquisa de *Salmonella spp* (AFNOR 01/16-11/16); pesquisa de *Listeria monocytogenes* (AOAC 2004.02); *Coliformes Termotolerantes a 45 \u00b0* (AFNOR 01/2-09/89C); *Clostridium perfringens* (ISO 7937); *Clostridium Sulfito Redutores* (ISO 15213) e *Staphylococcus Coagulase Positiva* (AOAC 2003:11).

Amostras foram coletadas em triplicata, ap\u00f3s o cozimento, no ponto frio da estufa.

4.7 Planejamento Experimental E An\u00e1lise Estat\u00edstica

Os resultados de temperatura coletados nas estufas para estudo da penetra\u00e7\u00e3o de calor foram submetidos \u00e0 an\u00e1lise de vari\u00e2ncia (tr\u00eas profundidades, dois lados, duas alturas, duzentos e oitenta e cinco minutos de coc\u00e7\u00e3o).

As m\u00e9dias das temperaturas, quando detectada diferen\u00e7a significativa entre os tratamentos ao n\u00edvel de 5% de signific\u00e2ncia, foram submetidas ao Teste de Tukey, utilizando o programa computacional *Statistica* 10.0 (Statsoft Inc., Tulsa, OK). O acompanhamento de temperatura de cozimento do produto Lombo Su\u00edno Tipo Canadense Defumado foi utilizado para os c\u00e1lculos de letalidade conforme modelo de *Bigelow* (Miller et al., 2009). Para a modelagem da transfer\u00eancia de calor foi usado software *MATLAB* R2008b.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 Estudo De Distribuição De Calor Na Estufa

Os valores de temperatura nos diferentes pontos da estufa de cozimento utilizada na elaboração de Lombo Suíno Tipo Canadense Defumado, bem como a análise de variância, estão descritos nas Tabelas 3 e 4, respectivamente.

Tabela 3 – Temperaturas médias dos diferentes pontos da estufa de cozimento utilizada na etapa de cozimento durante a elaboração de Lombo Suíno Tipo Canadense Defumado

Ponto	Lado	Altura	Profundidade	Temperatura média
11	Esquerdo	Inferior	Meio	69,32 ^{a*}
4	Direito	Inferior	Porta	69,37 ^a
12	Esquerdo	Inferior	Fundo	69,57 ^{ab}
10	Esquerdo	Inferior	Porta	70,16 ^{abc}
5	Direito	Inferior	Meio	70,22 ^{abc}
8	Esquerdo	Superior	Meio	72,62 ^{bcd}
6	Direito	Inferior	Fundo	72,89 ^{cd}
9	Esquerdo	Superior	Fundo	73,74 ^{de}
2	Direito	Superior	Meio	74,05 ^{de}
7	Esquerdo	Superior	Porta	74,06 ^{de}
1	Direito	Superior	Porta	74,24 ^{de}
3	Direito	Superior	Fundo	76,26 ^e

Nota: *Médias seguidas por letras diferentes diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade.

Fonte: Autor (2021)

Tabela 4 – Tabela da ANOVA com os efeitos de ordem primária, secundária e terciária da temperatura medida nos diferentes pontos da estufa de cozimento

Efeitos	SS	GL	MS	F	p
Intercept*	13515046	1	13515046	138106,1	0
Lado*	1026	1	1026	10,5	0,001216
Altura*	9883	1	9883	101	0
Profundidade*	1134	2	567	5,8	0,003081
Lado*Altura	9	1	9	0,1	0,764189
Lado*Profundidade*	1126	2	563	5,8	0,003221
Altura*Profundidade	79	2	40	0,4	0,66667
Lado*Altura*Profundidade	91	2	46	0,5	0,628168
Erro	252478	2580	98		

Nota: *Diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade.

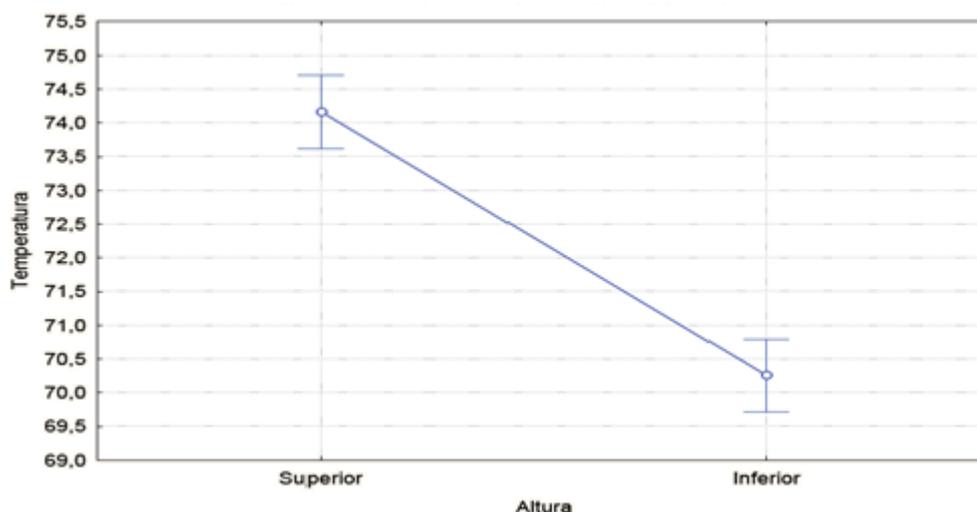
Nota: SS soma dos quadrados; GL graus de liberdade; MS quadrados médios, F valor de F estatístico, p valor de uma probabilidade/significância de um teste.

Fonte: Autor (2021)

Pelos resultados obtidos foi possível verificar que lado, altura e profundidade foram os fatores que interferiram na distribuição de calor, assim como a interação lado*profundidade ($p < 0,05$); não houveram interações de ordem terciária ($p > 0,05$). A diferença entre o ponto mais quente e mais frio da estufa foi de até $6,94^{\circ}\text{C}$.

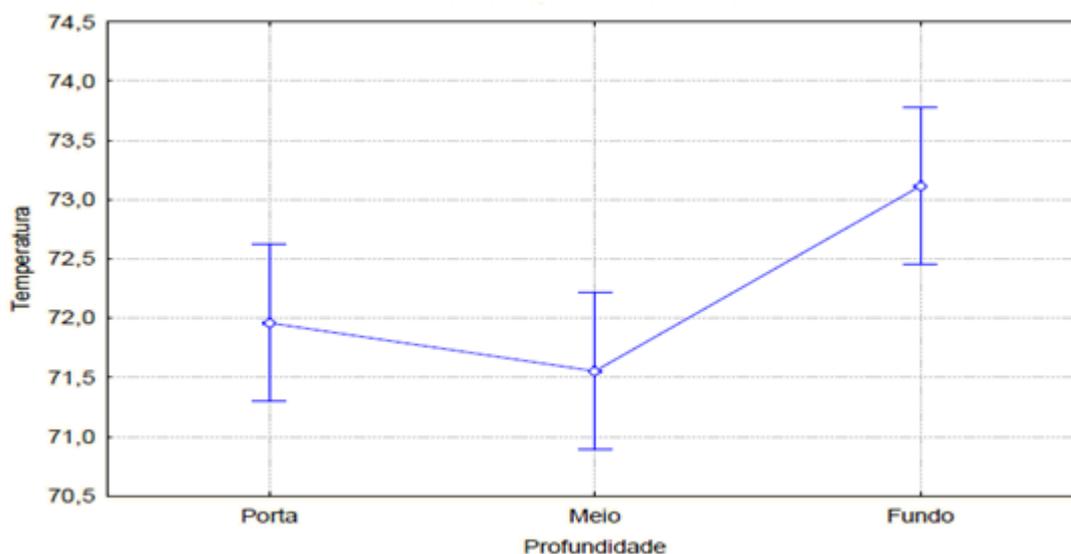
Dentre os parâmetros analisados, o mais relevante foi a altura ($p < 0,0000$), seguido do lado e da profundidade. Todos os pontos na altura “inferior” obtiveram menores temperaturas (Tabela 3 e Figura 7), com exceção no ponto direito inferior fundo. O ar quente na estufa é insuflado pela parte de cima do equipamento e distribuído ao longo das paredes; sendo assim, a altura superior apresentou os maiores valores de temperatura, ocorrendo para ambos os lados do equipamento, sendo o valor encontrado com maior temperatura no ponto 3 (profundidade fundo). Logo, pode-se concluir, com relação a profundidade, que os menores valores são encontrados nos pontos centrais, seguidos das portas e por último o fundo, devido a circulação do ar no equipamento (Figura 8).

Figura 7 – Resultados referentes a avaliação do parâmetro altura na estufa de cozimento do Lombo Suíno Tipo Canadense Defumado



Fonte: Autor (2021)

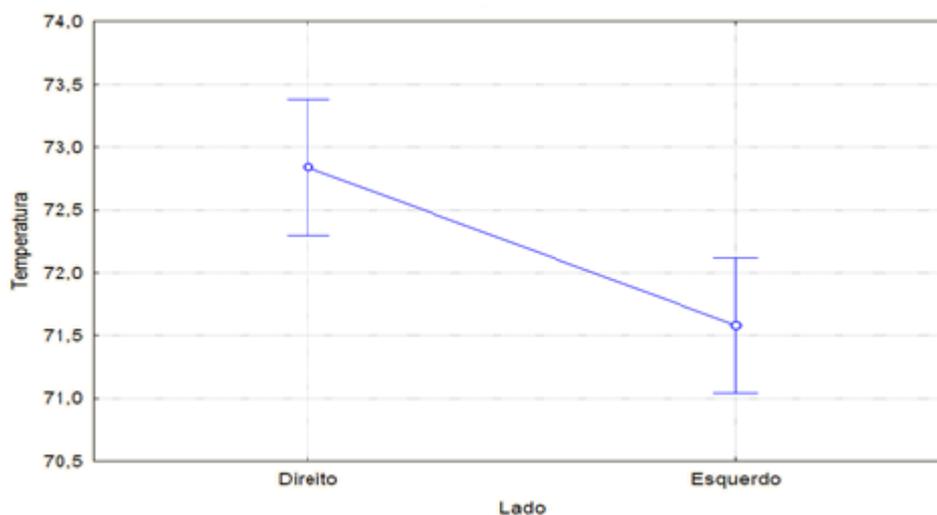
Figura 8 – Resultados referentes a avaliação do parâmetro profundidade na estufa de cozimento do Lombo Suíno Tipo Canadense Defumado



Fonte: Autor (2021)

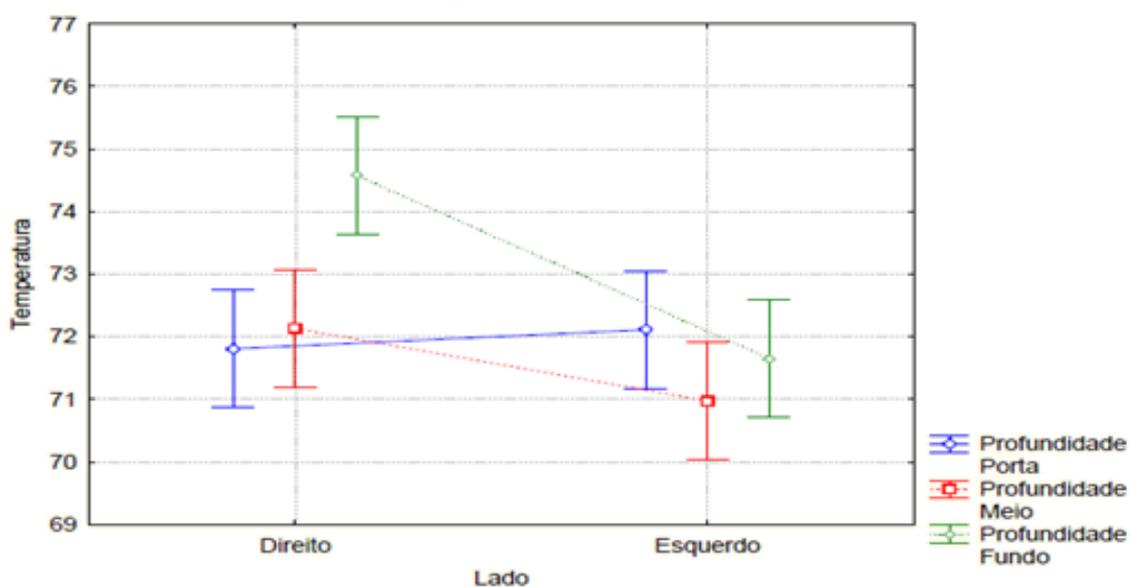
Com relação ao lado, o esquerdo obteve menores valores (Figura 9), e para a interação entre lado e profundidade houve diferença ($p < 0,05$) (Tabela 4, Figura 10). É importante verificar que devido a diferença de temperatura entre os pontos ter sido de até 7 °C pode-se sugerir que a distribuição de calor no interior do equipamento foi relativamente homogênea. Resultado diferente foi obtido por Amorim (2008), que ao avaliar o aquecimento de forno empregado na elaboração de calzones, apesar deste ser linear e ascendente, a distribuição do calor no interior do equipamento não foi homogênea, com variações de até 20 °C entre os pontos. Já Santos Filho e Penna (2003) obtiveram distribuição homogênea da autoclave empregada para validação de um produto proteico enlatado, demonstrando que em todos os pontos monitorados foi atingida a temperatura desejada, sendo a diferença de temperatura entre os pontos mais frio e mais quente inferior a 1 °C, onde os ciclos foram repetitivos.

Figura 9 – Resultados referentes a avaliação do parâmetro lado na estufa de cozimento do Lombo Suíno Tipo Canadense Defumado



Fonte: Autor (2021)

Figura 10 – Resultados referentes a avaliação da interação dos parâmetros lado x profundidade na estufa de cozimento do Lombo Suíno Tipo Canadense Defumado



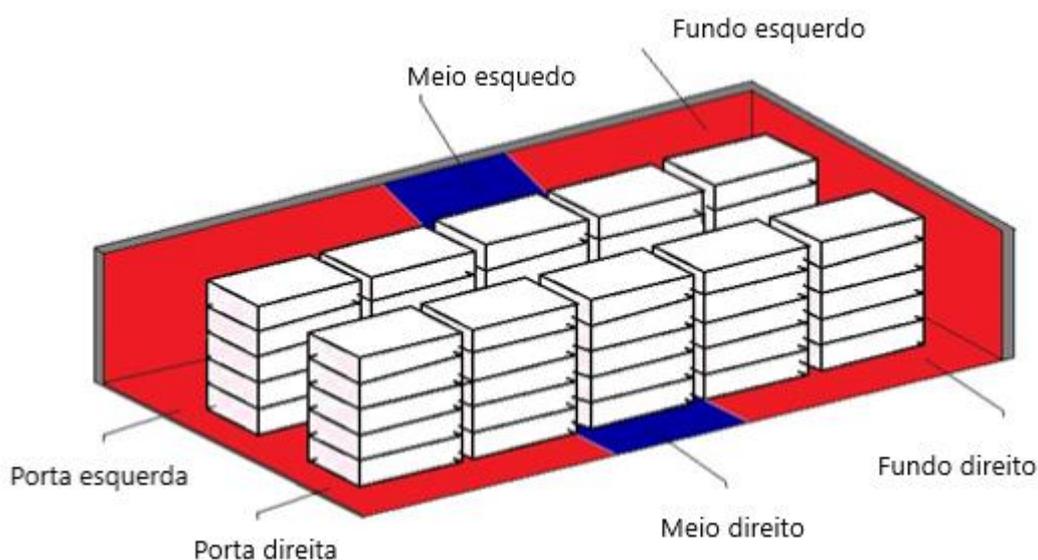
Fonte: Autor (2021)

Os pontos 11, 4, 12, 10 e 5 não diferiram entre si e apresentaram os menores valores de temperatura ($p < 0,05$) em relação aos pontos avaliados. No entanto, como era necessário a escolha de um único ponto, optou-se por aquele que apresentou a menor média de temperatura entre os tratamentos que não diferiram entre si (Ponto 11: esquerdo, inferior e meio). É importante ressaltar que para cada caso o estudo do

ponto frio deve ser realizado, já que são vários os fatores que interferem na seleção deste. Por exemplo, no trabalho de Amorim (2008) o topo e o fundo obtiveram valores de temperatura maiores, sugerindo o ponto frio na posição central como o estudo em questão. Por sua vez, para o trabalho de Brustolin (2017) o ponto frio da estufa empregada no cozimento do produto mortadela localizou-se na porta de entrada dos carros, onde a metodologia apresentou $R^2 > 0,960$ demonstrando-se segura, reproduzível e representativa.

Assim, com base nos resultados, o esquema abaixo com o ponto frio foi determinado (Figura 11).

Figura 11 – Representação do ponto frio da estufa (azul) empregada no cozimento de Lombo Suíno Tipo Canadense Defumado



Fonte: Autor (2021)

5.2 Perfil De Temperatura No Interior Da Peça E Cálculos De Letalidade

Os tratamentos térmicos deverão produzir a redução logarítmica desejada do microrganismo alvo alcançando, resultando assim na inocuidade desejada (CODEX ALIMENTARIUS, 1999). Não há legislação específica para o Lombo Suíno Tipo Canadense Defumado quanto ao número de redução de ciclos logarítmicos e nem

microrganismo alvo; porém, de acordo com o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (BRASIL, 2015) há a necessidade de reduzir 6 ciclos logarítmicos para o produto Mortadela que apresenta como microrganismo alvo o *Streptococcus D*.

Os estudos da penetração de calor no centro geométrico das peças, na estufa 01, no ponto considerado o mais frio (ponto 11), resultaram nos parâmetros de validação descritos na Tabela 5.

Tabela 5 - Cálculo da letalidade de processo de cozimento do Lombo Suíno Tipo Canadense Defumado para os microrganismos alvos.

Microrganismo alvo	Requerido*		Calculado		
	Número de reduções requeridas	F requerido (min)	Taxa Letal	F total calculado (min)	Número de reduções calculadas
<i>Enterococcus faecalis</i> *	6	18	106,5	213,1	71
<i>Salmonella spp</i> **	12	2	1222	2445	14.215
<i>Listeria monocytogenes</i> ***	6	10	535	1070	641

*Parâmetros: D= 3 min, z= 10 °C, Temperatura de Referência= 70 °C

** Parâmetros: D= 0,172 min, z= 5,6 °C, Temperatura de Referência= 65,6 °C

*** Parâmetros: D= 1,67 min, z= 8 °C, Temperatura de Referência= 65 °C

Fonte: Autor (2020)

Os resultados obtidos para o cálculo de letalidade indicaram que o tratamento térmico, com tempos e escalas variadas de temperatura, preconizando o atingimento da temperatura mínima de 72 °C no centro geométrico do produto, foi eficiente e garantiu a segurança microbiológica dos produtos em relação aos microrganismos alvos.

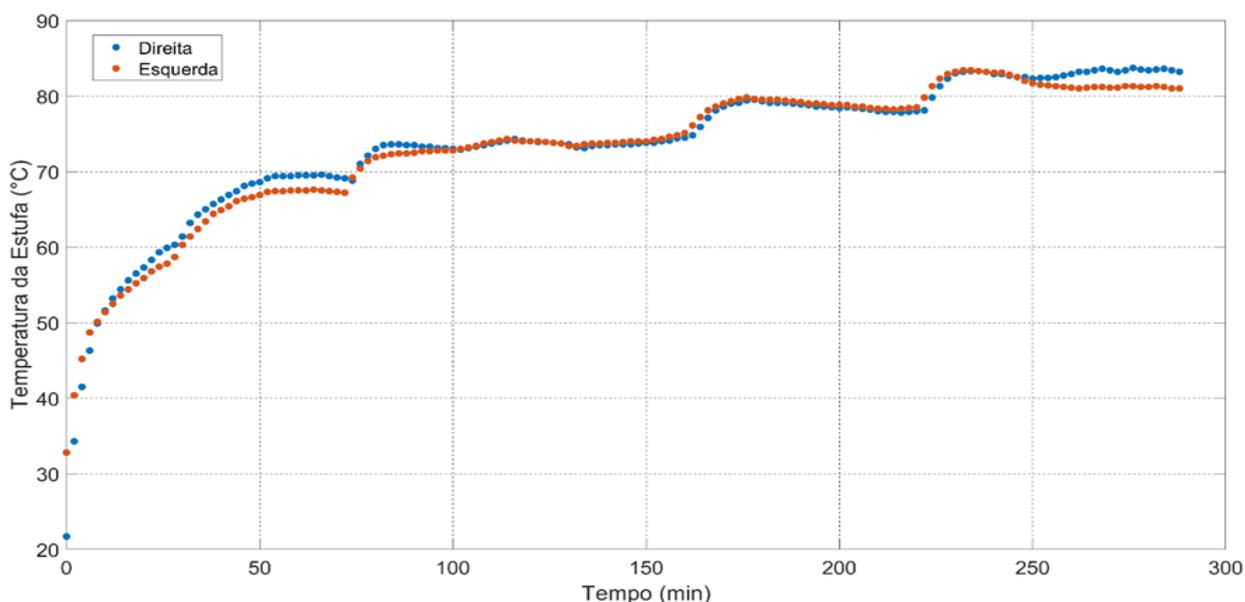
São escassos os trabalhos científicos publicados na temática deste trabalho, ainda mais para o produto em estudo; entretanto, o resultado obtido neste trabalho para *Enterococcus faecalis* (Tabela 5) foi superior ao alcançado por Brustolin (2017), que obteve redução logarítmica de 8 ciclos de *Streptococcus D* para o produto mortadela, também se mostrando adequado para este produto e maior que o valor preconizado pela legislação brasileira (6 ciclos) (BRASIL, 2005).

Ao analisar os resultados obtidos para *Salmonella spp* e *Listeria monocytogenes* (Tabela 05) os ciclos de redução foram superiores ao limite estipulado por Stumbo (1973), Feiner (2006) e FSIS/EUA (1999), que citam reduções de 6 ciclos.

5.3 Simulação Da Transferência De Calor Em Lombo Suíno Tipo Canadense Defumado

A temperatura na estufa variou conforme a programação já pré-estabelecida na rotina de produção da indústria (Tabela 1) e encontra-se ilustrada na Figura 12.

Figura 12 - Variação da temperatura no ponto frio da estufa ao longo do processo de cozimento do Lombo Suíno Tipo Canadense Defumado



Fonte: Autor (2021)

Na Tabela 6 estão apresentados os valores do coeficiente de condutividade térmica e o desvio percentual de cada simulação realizada.

Tabela 6 - Condições de simulação e resultados obtidos para condutividade térmica no ponto geométrico do Lombo Suíno Tipo Canadense Defumado

	Simulação			
	1	2	3	4
Lombo	Grande (26cmx7cm)	Pequeno (12cmx7cm)	Grande (26cmx7cm)	Pequeno (12cmx7cm)
Lado	Direito	Direito	Esquerdo	Esquerdo
a (cm)	3,5	3,5	3,5	3,5
n	10	10	10	10
κ (W m⁻¹ K⁻¹)	0,652	0,645	0,583	0,612
%desvio	6,09	2,60	6,74	5,28

Nota: a - raio em cm; n - quantidade de termos da série na equação 8; κ - condutividade térmica;

Fonte: Autor (2020)

Considerando-se todas as simulações foi obtido um coeficiente efetivo médio de condutividade térmica de $0,623 \pm 0,032$ W m⁻¹ K⁻¹ para o Lombo Suíno Tipo Canadense Defumado. Foram observadas pequenas variações no valor de κ nas quatro simulações realizadas, esse resultado é esperado uma vez que a condutividade térmica depende apenas das propriedades térmicas do material simulado e não das condições do processo de transferência de calor.

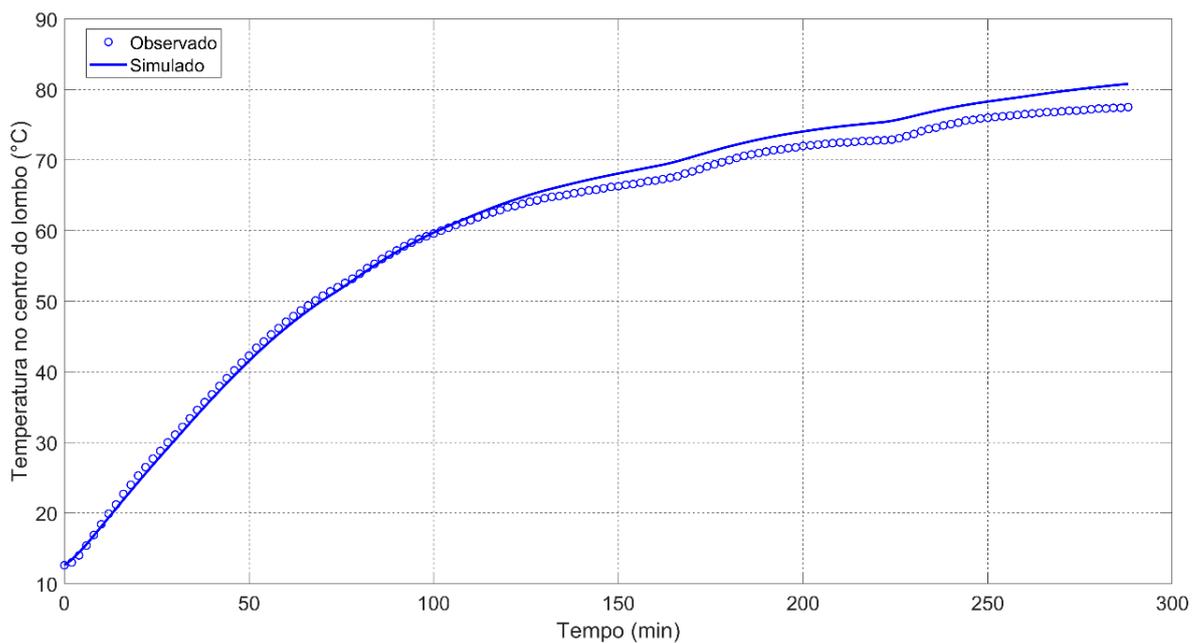
Os valores encontrados se aproximam dos valores para produtos cárneos listados na literatura. Tadini et al. (2016) obtiveram para carne vermelha (bife) valores de $0,43$ W m⁻¹ K⁻¹ a 39 °C e $0,51$ W m⁻¹ K⁻¹ a 67 °C. Torres, Souza e Siqueira (2020) encontraram valor de $0,4996$ W m⁻¹ K⁻¹ para carne bovina.

Silva (2011) trabalhou com o produto linguiça calabresa e obteve valores em torno de $0,42$ W m⁻¹ K⁻¹.

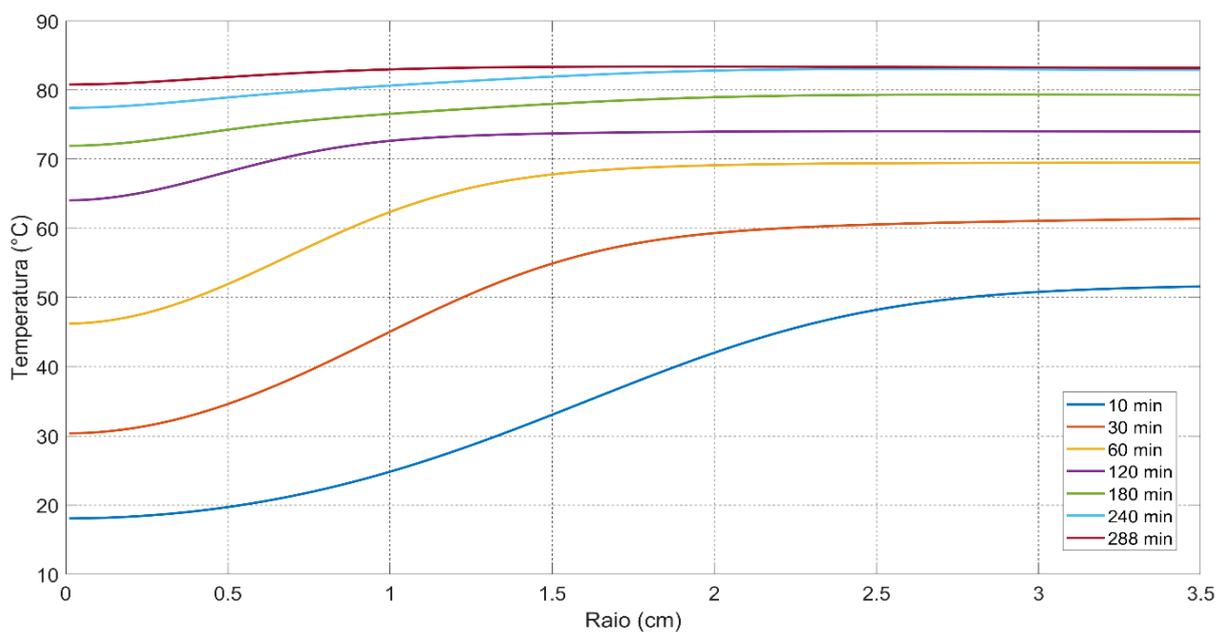
Pereira et al. (2013) encontraram valores entre $0,1$ a $5,0$ W m⁻¹ K⁻¹ para carne de frango, sendo que o menor valor está relacionado a carne de peito de frango a uma baixa umidade (33%), enquanto o maior valor observado foi associado a carne de peito e também coxa/sobrecoxa com umidade mais elevada (70%); pele e gordura de ave obteve valores de $0,31$ a $0,39$ W m⁻¹ K⁻¹.

Para ilustrar os resultados de simulação na Figura 13 estão os gráficos de distribuição de temperatura temporal no centro geométrico e radial no Lombo Suíno Tipo Canadense Defumado para a simulação 2, conforme tabela 6.

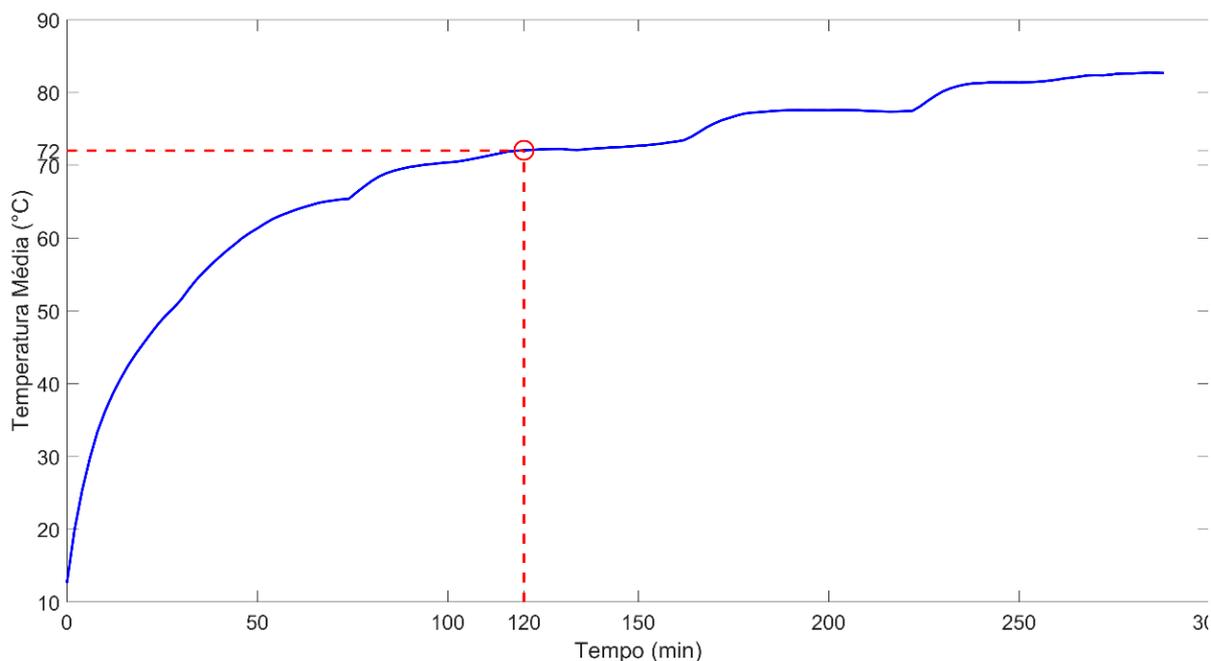
Figura 13 - Distribuição de temperatura (A) temporal no centro geométrico, (B) radial e (C) temperatura média.



(A)



(B)



(C)

Fonte: Autor (2021)

De acordo com a Figura 13(A) e os resultados da Tabela 6 (condutividade térmica e simulação 2), foi observada uma boa concordância entre a temperatura simulada e a temperatura observada no centro geométrico do lombo canadense. A Figura 13(B) mostra a variação da temperatura simulada ao longo da dimensão radial do lombo canadense. Observa-se que no início do processo de cozimento houve uma diferença maior de temperatura entre o centro e a superfície do lombo. Após 180 minutos, todos os pontos do lombo estavam com uma temperatura entre 70°C e 80°C. O gráfico da temperatura média, Figura 13(C), indica em destaque que a temperatura de 72°C já é atingida após 120 minutos de cozimento.

Marcotte, Taherian e Karimi (2008) avaliaram a propriedade termofísica (transferência de calor, condutividade térmica e difusividade) de vários produtos, como: mortadela, salsicha, pepperoni, emulsão de peru e presunto em flocos, utilizando uma faixa de temperatura de 20 a 80 °C, encontrando uma boa concordância entre todas essas propriedades avaliadas.

Bugiereck et al (2015) otimizou as condições do processamento térmico de linguiça calabresa, diminuindo o processo de 320 minutos para 316 minutos, o que significou 40 bateladas a mais na produção diária. Conforme cálculos de letalidade apresentados neste trabalho, a manutenção da temperatura interna do produto a 70 °C por 3 minutos seria suficiente para eliminar os microrganismos alvos; logo, acredita-se que com as condições microbiológicas devidamente atendidas, o tempo de cozimento total poderia ser diminuído. Dessa forma, para otimizar o processo, sugere-se que para atingir a temperatura de 72 °C, um tempo de 120 minutos seria o suficiente para produzir o mesmo efeito do tratamento térmico em ciclo completo, que tem duração de 285 minutos. No entanto, sabe-se que o tratamento térmico é responsável, também, pelas características sensoriais do produto final (cor, sabor, textura) (SILVA; GIBBS; 2012). Logo, se fazem necessárias análises sensoriais para verificar se as condições sensoriais do produto seriam atendidas.

5.4 Determinação Da Composição Centesimal, Das Propriedades Físico-Químicas E Microbiológicas De Lombo Suíno Tipo Canadense Defumado

Com o intuito de comprovar que os produtos validados estavam aptos para consumo, atendendo ao Padrão de Identidade e Qualidade de Lombo Suíno Tipo Canadense Defumado, foram realizadas análises em triplicata da composição química (Tabela 7) e microbiológicas (Tabela 8).

Tabela 7 – Avaliação da composição química de Lombo Suíno Tipo Canadense Defumado coletado no ponto frio da estufa em estudo

Composição química	PIQ	Resultado
Lipídios (g/100g)	8 % (máx)	5,5 ± 2,3
Nitrato (g de NaNO ₂ /100g)	150 ppm	40,0 ± 14,0
Nitrito (g de NaNO ₂ /100g)	150 ppm	13,0 ± 6,0
Proteína em base úmida (g/100g)	16 % (mín)	20,32 ± 1,3
Umidade e voláteis (g/100g)	72 % (máx)	68,27 ± 2,1
Carboidratos (g/100g)	1%	<0,7

Nota: PIQ = Padrão de identidade e qualidade conforme RTIQ (BRASIL, 2000).

Média de uma repetição em triplicata

Fonte: Autor (2021)

Tabela 8 – Parâmetros microbiológicos de Lombo Suíno Tipo Canadense Defumado coletado no ponto frio da estufa em estudo

Análise microbiológica	Parâmetro	Resultado
<i>Salmonella spp</i> /25g	Ausente	Ausente
<i>Listeria monocytogenes</i> /25g	Ausente	Ausente
<i>Coliformes Termotolerantes 45 °C</i> UFC/g	10 ³	<1,0 x 10 ¹
<i>Clostridium perfringens</i> UFC/g	5 x 10 ²	<1,0 x 10 ¹
<i>Clostridium Sulfito Redutores</i> UFC/g	5 x 10 ²	<1,0 x 10 ¹
<i>Staphylococcus Coagulase Positiva</i> UFC/g	3 x 10 ³	<1,0 x 10 ¹

Nota: Parâmetros conforme padrões microbiológicos (BRASIL, 2001).

Fonte: Autor (2021)

Estes dados demonstraram que o processo de cozimento térmico adotado não alterou a composição química e permitiu obter produto com qualidade microbiológica de acordo com o padrão de identidade e qualidade vigente.

Resultados similares foram encontrados, para o parâmetro umidade por Silva (2015) e Silva (2016), 71,09% e 66,09%, respectivamente, ambos para lombo tipo canadense. Sousa (2017), por sua vez, encontrou no lombo produzido por carne de javali umidade de 71,35%, e no de carne suína apenas 28,09%.

O teor de lipídeos encontrado no estudo foi de 5,5%, similar ao obtido por Souza (2015), que obteve 5,88% para lombo suíno tipo canadense elaborado a partir de carne suína, mas inferior ao obtido por Silva (2016), que foi entre 7 e 9%. De acordo com o Regulamento técnico de identidade e qualidade (BRASIL, 2000), o teor máximo para lipídios é de 8% ressaltando que o estudo em questão, encontra-se dentro dos padrões.

Para o parâmetro proteína, a legislação prevê o valor mínimo de 16% (BRASIL, 2000). Neste trabalho, o valor encontrado foi de 20%, próximo ao obtido por Silva (2016), que obteve 18 a 19,8 %.

Em relação ao teor de carboidratos, os resultados obtidos estiveram de acordo com a legislação, diferentemente dos resultados obtidos por Silva (2015) e Silva (2016), que obtiveram valores superiores a 1%.

Em relação aos valores obtidos no somatório de nitrito e nitrato, encontram-se dentro do limite estabelecido pela legislação, máximo de 150 ppm (BRASIL, 2000).

Em relação as análises microbiológicas, o referido estudo está de acordo com a legislação vigente (BRASIL, 2019), reforçando os resultados obtidos na validação do processo.

6 CONCLUSÕES

A validação do cozimento do Lombo Suíno Tipo Canadense Defumado, foi realizada através da avaliação do ponto frio do sistema térmico, considerando os pontos nas extremidades e meio da estufa, além de avaliar o cozimento no ponto geométrico do produto no ponto considerado o de menor temperatura;

Os cálculos de letalidade demonstraram destruição térmica acima do recomendado pela legislação brasileira para mortadela e pela literatura consultada, uma vez que para Lombo Suíno Tipo Canadense não se tem estes parâmetros ainda definidos.

O Lombo Suíno Tipo Canadense Defumado utilizado no estudo atendeu ao regulamento técnico de identidade e qualidade.

A realização da simulação da transferência de calor demonstrou que o produto atingiu em 120 minutos a temperatura desejada no ciclo completo (72 °C no centro geométrico do produto), necessária para garantir a inocuidade do produto frente aos microrganismos alvos estudados. no entanto, é importante reforçar que são necessárias a realização de análises sensoriais para verificar se o produto permanece com as mesmas características do processo tradicional (que leva cerca de 285 minutos).

A metodologia aplicada para avaliação do ponto frio da estufa e para validação do cozimento no centro geométrico do produto, pode ser considerada válida, representativa e reprodutível.

REFERÊNCIAS

- AARESTRUP, F. M., HASMAN, H., JENSEN, L. B., MORENO, M., HERRERO, I. A., DOMÍNGUEZ, L., FINN, MARIA & FRANKLIN, A Antimicrobial Resistance among *Enterococci* from Pigs in Three European Countries. **Applied and Environmental Microbiology**, v. 68, n. 8, p. 4127-4129, 2002.
- ABIA. Associação Brasileira da Indústria de Alimentos. Disponível em: www.abia.org.br – Acesso em: 14 jul 2020.
- ABPA. Associação Brasileira de Proteína Animal. Relatório Anual 2019. Disponível em: www.abpa-br.org – Acesso em: 14 jul 2020.
- ALMEIDA, L., WALUS, C., BITTENCOURT, J. M., & PICININ, C. T. Frequência de contaminação microbiológica em frigorífico. **Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial**, Ponta Grossa, v. 11, n. 1, p. 2314-2331, jan./jun.2017. Disponível em: <https://periodicos.utfpr.edu.br/rbta>. Acesso em: 17 dez 2020.
- AKTOP, S., ASLAN CANBERI, H., ŞENTÜRK, E., ŞANLIBABA, P. Antibacterial activity of different essential oils on *Listeria monocytogenes* strains isolated from ready-to-eat foods. **GIDA**, v. 45, n. 5, p. 861-871. 2020.
- AMORIM, Diogo de. **Validação de processamento térmico de calzone**. Dissertação de Mestrado em Engenharia de Alimentos - Programa de Pós-graduação em Engenharia de Alimentos, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2008.
- BARROS MAF, NERO LA, SILVA LCS, D'OVIDIO L, MONTEIRO FA, TAMANINI R, FAGNANI R, HOFER E, BELOTI V. *Listeria monocytogenes*: occurrence in beef and identification of the main contamination points in processing plants. **Meat Science**, v. 76, p. 591-596. 2007.
- BOLLERSLEV, A. M., NAUTA, M., HANSEN, T. B., & AABO, S. A risk modelling approach for setting microbiological limits using enterococci as indicator for growth potential of *Salmonella* in pork. **International Journal of Food Microbiology**, v. 240, p. 102–107. 2017.
- BRANCO MAAC, FIGUEIREDO EATF, BORGES MF, SILVA MCD, DESTRO MT. Incidência de *Listeria monocytogenes* em queijo de coalho refrigerado produzido industrialmente. **Boletim do Ceppa**, v. 21, n. 2, p. 393408. 2003.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Portaria N.711 de 01/11/1995**. Normas técnicas de instalações e equipamentos para abate e industrialização de suínos. D.O.U., Diário Oficial da União, Brasil, 1995.

BRASIL. Ministério da Agricultura e Abastecimento. **Portaria nº 46, de 10 de fevereiro de 1998. Institui o sistema de análise de perigos e pontos críticos de controle APPCC a ser implantado nas indústrias de produtos de origem animal.** D.O.U., Diário Oficial da União, Brasil, 1998.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e do Abastecimento. **Instrução Normativa nº 21, de 31 de Julho de 2000:** Institui Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade de Patê, de Bacon ou Barriga Defumada e de Lombo Suíno. D.O.U., Diário Oficial da União, Brasil, 2000.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Resolução RDC n.12, de 02 de janeiro de 2001:** Regulamento Técnico Sobre os Padrões Microbiológicos para Alimentos. D.O.U., Diário Oficial da União, Brasil, 2001.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Ofício-Circular nº 005/2015/CGI/DIPOA/SDA de 27 de julho de 2015:** Informações sobre registro do produto mortadela conservada em temperatura ambiente. D.O.U., Diário Oficial da União, Brasil, 2015.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Ofício-Circular nº 006/2015/CGI/DIPOA/SDA de 6 de agosto de 2015:** Informações sobre registro do produto mortadela conservada em temperatura ambiente. Adita o Ofício-Circular nº 005/2015/CGI/DIPOA. D.O.U., Diário Oficial da União, Brasil, 2015.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Norma Interna DIPOA/SDA, nº 01,** de 08 de março de 2017. D.O.U., Diário Oficial da União, Brasil, 2017.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Decreto N.9013, de 29 de março de 2017:** Regulamenta a Lei nº 1.283, de 18 de dezembro de 1950, e a Lei nº 7. 889, de 23 de novembro de 1989, que dispõem sobre a inspeção industrial e sanitária de produtos de origem animal. D.O.U., Diário Oficial da União, Brasil, 2017.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução Normativa nº 60, de 23 de dezembro de 2019:** Estabelece as listas de padrões microbiológicos para alimentos. D.O.U., Diário Oficial da União, Brasil, 2019.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Resolução RDC nº331, de 23 de dezembro 2019:** Estabelece as listas de padrões microbiológicos para alimentos. D.O.U., Diário Oficial da União, Brasil, 2019.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Decreto N.10468, de 18 de agosto de 2020.** Altera o Decreto N.9013 de 29 de março de 2017, que

regulamenta a Lei N.1.283, de 18 de dezembro de 1950 e a Lei N.7889, de 23 de novembro de 1989, que dispõem sobre o regulamento da inspeção industrial e sanitária de produtos de origem animal. D.O.U., Diário Oficial da União, Brasil, 2020.

BRIZIO, A. P. D. R., & PRENTICE, C. Development of Aa New Time Temperature Indicator for Enzymatic Validation of Pasteurization of Meat Products. **Journal of Food Science**, v. 80, n. 6, p. M1271–M1276. 2015.

BRUSTOLIN, A. P. **Validação da vida útil de mortadela tipo Bologna e avaliação da estabilidade a 22°C em Unidade Industrial**. Tese de Doutorado em Engenharia de Alimentos - Programa de Pós-graduação em Engenharia de Alimentos, Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – URI Erechim, 2017.

UGIERECK, A., DALCANTON, F., CUNHA, T., VEDOVATTO, E., DAL MAGRO, J., FIORI, M., & MELLO, J. Simulação numérica do processo de cozimento de linguiça calabresa. **Blucher Chemical Engineering Proceedings**, v. 1, n. 2, p. 12059-12066, 2015.

CARSLAW, H. S.; JAEGER, J. C. **Conduction of heat in solids**. 2nd ed. Oxford: Oxford University Press, 1959.

CHARLIER C, PERRODEAU E, LECLERCQ A, CAZENAVE B, PILMIS B, HENRY B, et al. Clinical features and prognostic factors of listeriosis: the MONALISA national prospective cohort study. **The Lancet Infectious diseases**, v. 17, n. 5, p. 510–9. 2017.

CODEX ALIMENTARIUS. **Directrices para la validación de medidas de control de la inocuidad de los alimentos**, CAC/GL 69-2008, p.1-16, 2008, disponível em: <http://www.codexalimentarius.org/standards/list-of-standards>. Acesso em: 14 jul 2020.

CODEX ALIMENTARIUS. **Code of hygienic practice for refrigerated packaged foods with extended shelf life**, CAC/RCP 46-1999.

CRANK, JOHN. **The mathematics of diffusion**. 2nd ed. Oxford: Clarendon Press, 1975.

DE JONGE, R. Predictable and unpredictable survival of foodborne pathogens during non-isothermal heating. **International Journal of Food Microbiology**, v. 291, p. 151–160. 2019.

DESAI, A.N., ANYOHA, A., MADOFF, L.C., LASSMANN, B. Changing epidemiology of *Listeria monocytogenes* outbreaks, sporadic cases, and recalls globally: A review

of ProMED reports from 1996 to 2018. **International Journal of Infectious Diseases**, v. 84, p. 48-53. 2019.

FEINER, G. **Predictive microbiology for meat products**. Cambridge - England, 2006.

FELLOWS, P. J. **Tecnologia do processamento de alimentos**. Porto Alegre: Artmed. 602p. 2006.

FOKA, F.E.T., MIENIE, C., BEZUIDENHOUT, C.C.; ATEBA, C.N. Detection of Virulence Genes in Multidrug Resistant Enterococci Isolated from Feedlots Dairy and Beef Cattle: Implications for Human Health and Food Safety. **BioMed Research International**, v. 2019. 2019.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF UNITED NATIONS (FAO) / WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). Statistical information on food-borne disease in Europe microbiological and chemical hazards. In: FAO/WHO PanEuropean conference on food safety and quality; Budapest, Hungary, 25-28 february 2002. PEC 01/04, rev.1. p. 1-15.

FORSYTHE, S. J. **The Microbiology of safe food**. 2nd edition. Wiley-Blackwell, 2010.

FORSYTHE, S. J. **Microbiologia da segurança alimentar**. Porto Alegre: Artmed, p. 162-164. 2002.

FOUNDATION FOR MEAT & POULTRY RESEARCH & EDUCATION. Disponível Em: <http://meatpoultryfoundation.org/content/process-lethality-spreadsheet>. Acesso em: 07 set 2020.

FRANCO, B. D. G. de M.; LANDGRAF, M. **Microbiologia dos Alimentos**. São Paulo: Editora Atheneu, p. 54-59. 2008.

FRANÇA, F. C. O., MENDES, A. C. R., ANDRADE, I. S., RIBEIRO, G. S., & PINHEIRO, I. B. Mudanças dos hábitos alimentares provocados pela industrialização e o impacto sobre a saúde do brasileiro. Anais do I Seminário Alimentação e Cultura na Bahia, v. 1, p. 1-7, 2012.

GANDHI M, CHIKINDAS ML. Listeria: a foodborne pathogen that knows how to survive. **International Journal of Food Microbiology**, v. 113, p. 1-15. 2007.

GAVA, A. J.; SILVA, C. A. B. da; FRIAS, J. R. G. **Tecnologia de alimentos: princípios e aplicações**. Nobel, São Paulo, 2008.

GERMER, S. P. M.; MOURA, S. C. S R.; LEITÃO, M. F. F.; JUNQUEIRA, V. C. A.; TEIXEIRA NETO, R. O.; GONÇALVES, J. R.; JARDIM, D. C. P.; VITALI, A. A. **Princípios de Esterilização de Alimentos**. 2. ed. Campinas: ITAL, 1995. 123p.

GIRAFFA, G. *Enterococci* from foods. **FEMS Microbiology Reviews**. v. 26, p.163-171, 2002.

GOMEZ, D., AZON, E., MARCO, N., CARRAMINANA, J.J., ROTA, C., ARINO, A., YANGÜELA, J. Antimicrobial resistance of *Listeria monocytogenes* and *Listeria innocua* from meat products and meat processing environment. **Food Microbiology**, v. 42, p. 61-65. 2014.

GUO, J., GAO, Z., LI, G., FU, F., LIANG, Z., ZHU, H., SHAN, Y. Antimicrobial and antibiofilm efficacy and mechanism of essential oil from Citrus Changshan-huyou YB chang against *Listeria monocytogenes*. **Food Control**, v. 105, p. 256-264. 2019.

HAIMOVICH, BEATRICE; VENKATESAN, MALABI M. *Shigella* and *Salmonella*: death as a means of survival. **Microbes and infection**, v. 8, n. 2, p. 568-577, 2006.

HARDIE, J. M.; WHILEY, R.A. Classification and overview of the genera *Streptococcus* and *Enterococcus*. **Journal of Applied Microbiology**, v. 83, p. 1S-11S, 1997.

HOLT, J.P.; KRIEG, N.R.; SNEATH, P.H.A.; STALEY, J.T.; WILLIAMS, S,T. Regular, nonsporng Gram positive rods. **Bergey's manual of determinative bacteriology**. 9th. ed. Baltimore: Williams & Wilkins, 787p. Group 19, p.566-567. 1994.

ICHIRO SAKATE R, ARAGON LC, RAGHIANTE F, LANDGRAF M, FRANCO DGM, DESTRO MT. Quantificação de *Listeria monocytogenes* em salames fatiados embalados a vácuo. **Archivos Latinoamericanos de Nutrición**, v. 53, n. 2, p.184-187. 2003.

INGHAM, S.C.; BEUGE, D.R.; DROPP, B.K.; LOSINSKI, J.A. Survival of *Listeria monocytogenes* during storage of ready-to-eat meat products processed by drying, fermentation, and/or smoking. **Journal of Food Protection**, v.67, n.12, p.2698-2702, 2004.

JAY, J.M. **Microbiologia de Alimentos**. Porto Alegre: Artmed, 2005, 711p.

JOFRÉ A, MARTIN B, GUARRIGA M, HUGAS M, PLA M, RODRÍGUEZ-LÁZARO D, AYMERICH T. Simultaneous detection of *Listeria monocytogenes* and *Salmonella* by multiplex PCR in cooked ham. **Food Microbiology**, v. 22, p. 109-115, 2005.

KALINA, A. P. The taxonomy and nomenclature of enterococcus. **International Journal of Systematic Bacteriology**, v.20, p.185-189, 1970.

KARUNAKAR, B.; MISHRA, S. K.; BANDYOPADHYAY, S. Specific heat and thermal conductivity of shrimp meat. **Journal of Food Engineering**, Oxford, v. 37, n. 3, p. 345-351, 1998.

KLARE, I., KONSTABEL, C., BADSTÜBNER, D., WERNER, G., & WITTE, W. Occurrence and spread of antibiotic resistances in *Enterococcus faecium*. **International Journal of Food Microbiology**, v. 88, p. 269-290, fev. 2003.

KLETER, G. A.; MARVIN, H. J. P. Indicators of emerging hazards and risks to food safety. **Food and Chemical Toxicology**, v. 47, p. 1022–1039, 2009.

KNIPE, C. L.; RUST, R. E. **Thermal processing of ready-to-eat meat products**. Columbus: Wiley-Blacwell, 2009.

KÜHN, I., IVERSEN, A., BURMAN, L. G., OLSSON-LILJEQUIST, B., FRANKLIN, A., FINN, M., & MÖLLBY, R. Epidemiology and ecology of enterococci, with special reference to antibiotic resistant strain, in animals, humans and the environment. Exemple of an on going project within de European research programme. **International Journal of Antimicrobial Agentes**, v. 14, p. 337-342, 2000.

LEAPER, S., RICHARDSON, P. Validation of thermal process control for the assurance of food safety. **Food Control**, v. 10, n. 4-5, p. 281–283. 1999.

LEE, G., KIM, Y., KIM, H., BEUCHAT, L.R., RYU, J.H. Antimicrobial activities of gaseous essential oils against *Listeria monocytogenes* on a laboratory medium and radish sprouts. **International Journal of Food Microbiology**, v. 265, p. 49-54. 2018.

LEMOS, A. L. S. C.; YAMADA, E. A.; HAGUIWARA, M. M. H. **Processamento de Embutidos Carneos**. Campinas: ITAL, Centro de Tecnologia de Carnes, 213 p. 2008.

LEVINSON, W. e JAWETZ, E. **Microbiologia Médica e Imunologia**. 7. ed. Porto Alegre: Artmed, p. 451, 2005.

LÓPEZ, M., SÁENZ, Y., ROJO-BEZARES, B., MARTÍNEZ, S., DEL CAMPO, R., RUIZ-LARREA, F., & TORRES, C. Detection of vanA and vanB2-containing *Enterococci* from food samples in Spain, including *Enterococcus faecium* strains of CC17 and the new singleton ST425. **International Journal of Food Microbiology**, v. 133, p. 172-178, 2009.

MARCOTTE, M.; CHEN, C.R.; GRABOWSKI, S.; RAMASWANY, H.; PIETTE, J.G. Modelling of cooking-cooling processes for meat and poultry products. **International Journal of Food Science and Technology**, v.23, p.673-684, 2008.

MARCOTTE, M., TAHERIAN, A.R.; KARIMI, Y. Thermophysical properties of processed meat and poultry products. **Journal of Food Engineering**, v. 88, p. 315–322. 2008.

MCCARTON, L., O'HOGAIN, S. Thermal inactivation analysis of water-related pathogens in domestic hot water systems. **J. Environ. Eng. Sci**, v.12, n. 2, p. 34–41. 2017.

MILLER, F.A., GIL, M. M., BRANDÃO, T. R. S, TEIXEIRA, P., SILVA, C.L.M. Sigmoidal thermal inactivation kinetics of *Listeria innocua* in broth: influence of strain and growth phase. **Food Control**, v. 20, n. 12, p. 1151-1157, 2009.

MORENO, M. F., SARANTINOPOULOS, P., TSAKALIDOU, E., & DE VUYST, L. The role and application of enterococci in food and health. **International Journal of Food Microbiology**, v. 106, n. 1, p.1-24, jan. 2006.

MORRISON, D.; WOODFORD, N.; COOKSON, B. *Enterococci* as emerging pathogens of humans. **Journal of Applied Microbiology**, v. 83, p. 89S-99S, 1997.

MOTTIN VD, FISH E, MÜRMAN L, CARDOSO MI. Pesquisa de *Listeria monocytogenes* e *Salmonella sp.* em embutidos de carne suína cozidos e fatiados comercializados em supermercados no município de Porto Alegre, RS. **Revista Higiene Alimentar**, v. 2, n. 150, p.191-192. 2006.

NICHOLS, M., CONRAD, A., WHITLOCK, L., STROIKA, S., STRAIN, E., WELTMAN, A., et al. Multistate outbreak of *Listeria monocytogenes* infections retrospectively linked to unpasteurized milk using whole-genome sequencing. **Journal of Dairy Science**, v. 103, n. 1, p. 176-178, 2020.

NZFSA. The New Zealand Food Safety Authority. Disponível em: www.mpi.govt.nz. Acesso em: 26 nov 2020.

OLIVEIRA, D. M., LADEIRA, M. M., CHIZZOTTI, M. L., MACHADO NETO, O. R., RAMOS, E. M., GONÇALVES, T. M., BASSI, M.S.; LANNA, D.P.D.; RIBEIRO, J. S. Fatty acid profile and qualitative characteristics of meat from zebu steers fed with different oilseeds. **Journal of Animal Science**, v. 89, n. 8, p. 2546-2555, 2011.

OMS. **Progresos en materia de agua potable y saneamiento**. 2019. Disponível em: http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/164016/1/9789243507248_spa.pdf?ua=1. Acesso em: 26 nov 2020.

ORDÓÑEZ PEREDA, J. A., ÁLVAREZ, L.F., CORTECERO, M.D.S., MINGUILLÓN, G.D.G.F., PERALES, L.H., RODRÍGUEZ, M.I.C. **Tecnología de alimentos, alimentos de origem animal**. Porto Alegre, vol. 1, Editora Artmed, 2005.

ORSOLIN, D., STEFFENS, C., ROSA, C. D., & STEFFENS, J. Redução do tempo no processo de cozimento de mortadela e avaliação da qualidade final do produto. **Ciência Animal Brasileira**, Goiânia, v. 16, n. 4, p. 589-597, 2015.

PALURI, SRAVANTI; PHINNEY, DAVID M.; HELDMAN, DENNIS R. Recent advances in thermophysical properties—measurements, prediction, and importance. **Current Opinion in Food Science**, v. 23, p. 142-148, 2018.

PARDI, M. C.; SANTOS, I. F. dos; SOUZA, E. R. de; PARDI, H. S. **Ciência, Higiene e Tecnologia da Carne**. 2 ed. Goiânia: Ed. Da UFG, v. 1, 2007.

PEREIRA, THALLES EDUARDO DE JESUS, STRÖHER, GYLLES RICARDO, TURBIANI, FRANCIELE REZENDE BARBOSA, & NICOLETI, JOEL FERNANDO. Propriedades termofísicas da carne branca de frango: efeito da temperatura e do conteúdo de umidade. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 16, n. 4, p. 278-284. 2013.

REICHERT, J.E. **Tratamiento térmico de los productos cárnicos: fundamentos de los cálculos y aplicaciones**. Zaragoza: Acribia, 1988, 174p.

RINALDI, M., CHIAVARO, E., & MASSINI, R. Original article: Apparent thermal diffusivity estimation for the heat transfer modelling of pork loin under air/steam cooking treatments. **International Journal of Food Science & Technology**, v. 45, n. 9, p. 1909–1917. 2010.

RODRIGUEZ-FERNÁNDEZ, M.; BALSACANTO, E.; EGEEA, J., A; BANGA, J., R. Identifiability and robust parameter estimation in food process modeling: Application to a drying model, **Journal of Food Engineering**, nº83, pp. 374-383, 2007.

SALVATORI RU, BESSA MC, CARDOSO MRI. Qualidade sanitária de embutidos coletados no mercado público central de Porto Alegre-RS. **Ciência Rural**, v. 33, n.4, p. 771-773. 2003.

SAMUEL, M. C., VUGIA, D. J., KOEHLER, K. M., MARCUS, R., DENEEN, V., DAMASKE, B., & ANGULO, F. J. Consumption of risky foods among adults at high risk for severe foodborne diseases: room for improved targeted prevention messages. **Journal of Food Safety**, v. 27, n. 2, p. 219-232, 2007.

SANTOS FILHO, G.C.; PENNA, T.C.V. Validação do processamento térmico de um produto vegetal enlatado. **Revista Brasileira Ciências Farmacêuticas**, v.39, n.4, p. 391-401, 2003.

SCHLEIFER, K.H., KILPPER-BALZ, R. Transfer of *Streptococcus faecalis* and *Streptococcus faecium* to the genus *Enterococcus* nom. rev. as *Enterococcus faecalis* comb. nov. and *Enterococcus faecium* comb. nov. **International Journal of**

Systematic Bacteriology, v. 34, p. 31-34, 1984.

SCOTT, N. V. How does industry validate elements of HACCP plans? **Food Control** v. 16, p. 497-503, 2005.

SHUXIANG, L.; SAMET, O.; JIE, X.; FANBING, K.; PETER, G.; MEI-JUN, Z.; SHYAM S. S.; JUMING T. Microbial validation of radio frequency pasteurization of wheat flour by inoculated pack studies, **Journal of Food Engineering**, v. 217, p 68-74, 2018.

SILVA, G. B. et al. Composição centesimal e teor de sódio de lombos tipo canadense comercializados na região de Lavras-MG. In: CONGRESSO MINEIRO DE ENGENHARIA DE ALIMENTOS (CMEA), 3., 2015, Lavras. Anais...Lavras: Universidade Federal de Lavras. CD-ROM.

SILVA, F. V. M.; GIBBS, P. A. Thermal pasteurization requirements for the inactivation of *Salmonella* in foods. **Food Research International**, v. 45, n. 2, p. 695–699. 2012.

SILVA, GABRIELA DE BARROS. **Lombo tipo canadense elaborado com diferentes teores de carne PSE e cloreto de sódio**. Dissertação de mestrado, Lavras, UFLA, 2016.

SILVA, M. DE O. **Otimização de um processo de cozimento de linguiça**. Dissertação de mestrado. Programa de Pós-graduação em Engenharia de Alimentos da URI- Campus Erechim, 2011.

SILVA, M.L. **Efeito de dois métodos de cocção – água e vapor – nos parâmetros de qualidade do músculo Semitendinosus**. Dissertação de Mestrado, Piracicaba, 2004, 102f.

SILVA, N.; JUNQUEIRA, V.C.A.; SILVEIRA, N.F.A.; TANIWAKI, M.H.; SANTOS, R.F.S.; GOMES, R.A.R. **Manual de métodos de análises microbiológica de alimentos e água**. 4a.ed. São Paulo: Livraria Varela, p. 632. 2010.

SOUSA, ANA CLAUDIA M. **Desenvolvimento de lombo defumado produzido com carne de Javali**. 2017. Trabalho de Conclusão de Curso - Tecnologia de Alimentos, Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Câmpus Campo Mourão, 2017.

SPERBER, W. H. Auditing and Verification of Food Safety and HACCP. **Food Control**, v. 9 n. 2-3 p. 157-162, 1998.

SPANU, C.; JORDAN, K. *Listeria monocytogenes* environmental sampling program in ready-to-eat processing facilities: A practical approach. **Comprehensive Reviews**

in **Food Science and Food Safety**, v. 19, n. 6, p. 2843-2861, 2020.

STRATAKOS, A.C., IJAZ, U.Z., WARD, P., LINTON, M., KELLY, C., PINKERTON, L., et al.. In vitro and in vivo characterisation of *Listeria monocytogenes* outbreak isolates. **Food Control**, v. 107, p. 106784, 2020.

STUMBO, C.R. **Thermobacteriology in Food Processing**. London: Blackie Academic Press, 1965.

TADINI, C. C., TELIS, V. R. N., & DE ALMEIDA MEIRELLES, A. J. **Operações Unitárias na Indústria de Alimentos**. Rio de Janeiro, RJ. LTC. v.2. 23c. 2016.

TERRA, N.N. **Apontamentos de tecnologia de carnes**. São Leopoldo: Ed. UNISINOS, p. 216. 1998.

TORRES, I. V. C. ; SOUZA, T. C. DE .; SIQUEIRA, A. M. DE O. . Simulação de processos de transferência de calor aplicada à indústria alimentícia com enfoque em produtos cárneos. **The Journal of Engineering and Exact Sciences**, v. 6, n. 5, p. 0752-0764, 2020. Disponível em: <https://periodicos.ufv.br/jcec/article/view/11765>. Acesso em: 24 fev 2021.

USDA/FSIS (U.S. Dept. of Agriculture - Food Safety and Inspection Service). **Performance standards for the production of certain meat and poultry products**. Fed. Regist, v. 64, n. 732–749. 1999.

USDA/FSIS (U.S. Dept of Agriculture - Food Safety and Inspection Service). **Salmonella compliance guidelines for small and very small meat and poultry establishments that produce ready-to-eat (RTE) products and revised appendix A**. 2017. Disponível em: <https://www.fsis.usda.gov/wps/wcm/connect/bf3f01a1-a0b7-4902-a2dfa87c73d1b633/Salmonella-Compliance-Guideline-SVSP-RTEAppendix-A.pdf?MOD=AJPERES>. Acesso em: 23 fev 2021.

VAN LOEY A, ARTHAWAN A, HENDRICKX M, HAENTJENS T, TOBBACK P. The Development and Use of an α -Amylase-based Time–Temperature Integrator to Evaluate in-Pack Pasteurization Processes. **LWT-Food Science and Technology**, v. 30, n. 1, p. 94-100, 1997.

VASCONCELOS, M. A. S.; MELO FILHO, A. B de. **Conservação de Alimentos**. 2010. 130 p. Programa Escola Técnica Aberta do Brasil (ETEC - Brasil). Pernambuco, 2010.

WOLK, A. Potential health hazards of eating red meat. **Journal of Internal Medicine**, v. 281, n. 2, p. 106-122, 2017.

ZHANG, L., LYNG, J. G., BRUNTON, N., MORGAN, D., MCKENNA, B. Dielectric and thermophysical properties of meat batters over a temperature range of 5–85 C. **Meat Science**, v. 68, n. 2, p. 173-184, 2004.

ZHU, Q., GOONERATNE, R., HUSSAIN, M.A. *Listeria monocytogenes* in fresh produce: outbreaks, prevalence and contamination levels. **Foods**, v. 6, n. 3, p. 21. 2017.

ZOU L.K., WANG H.N., ZENG B., LI J.N., LI X.T., ZHANG A.Y., ZHOU Y.S., YANG X., XU C.W.; XIA Q.Q. Erythromycin resistance and virulence genes in *Enterococcus faecalis* from swine in China. **New Microbiologica**, v. 34, n. 1, p. 73-80, 2011.