

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sudeste de Minas Gerais

Aline Roberta de Souza Soares

**EFICIÊNCIA DE TRATAMENTOS TÉRMICOS EM PROCESSAMENTO *SOUS VIDE* DE
FILÉ MIGNON**

Rio Pomba

2024

Aline Roberta de Souza Soares

**EFICIÊNCIA DE TRATAMENTOS TÉRMICOS EM PROCESSAMENTO *SOUS VIDE* DE
FILÉ MIGNON**

Dissertação apresentada ao Instituto Federal de Educação,
Ciência e Tecnologia do Sudeste de Minas Gerais,
Campus Rio Pomba, como parte dos requisitos para a
obtenção do título de Mestra em Ciência e Tecnologia de
Alimentos.

Orientador (a): Wellingta Cristina Almeida do Nascimento Benevenuto

Coorientador (a): Augusto Aloisio Benevenuto Junior

Rio Pomba

2024

Ficha Catalográfica elaborada pela Biblioteca Jofre Moreira – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sudeste de Minas Gerais / Campus Rio Pomba

Bibliotecária: Julia Aparecida Gonçalves Campos - CRB 6/2640

S676e

Soares, Aline Roberta de Souza.

Eficiência de tratamentos térmicos em processamento *sous vide* de filé mignon./ Aline Roberta de Souza Soares. – Rio Pomba, 2024.

51f.: il.

Orientadora: Wellingta Cristina Almeida do Nascimento Benevenuto.

Coorientador: Augusto Aloisio Benevenuto Júnior.

Dissertação – Pós graduação *stricto sensu* em Ciência e Tecnologia de Alimentos - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sudeste de Minas Gerais - Campus Rio Pomba.

1. Produto cárneo. 2. Carnes – tratamento térmico. I. Benevenuto, Wellingta Cristina Almeida do Nascimento (Orient.). II. Título.

CDD: 664.9

Aline Roberta de Souza Soares

**EFICIÊNCIA DE TRATAMENTOS TÉRMICOS EM PROCESSAMENTO *SOUS VIDE* DE
FILÉ MIGNON**

Dissertação apresentada ao Instituto Federal de Educação,
Ciência e Tecnologia do Sudeste de Minas Gerais,
Campus Rio Pomba, como parte dos requisitos para a
obtenção do título de Mestra em Ciência e Tecnologia de
Alimentos.

Aprovado em: 01/08/2024

BANCA EXAMINADORA

Prof. André Narvaes da Rocha Campos
Doutor em Microbiologia Agrícola
IF Sudeste MG

Prof. Augusto Aloísio Benevenuto Júnior
Doutor em Engenharia Agrícola
IF Sudeste MG

Prof.^a Aurélia Dornelas de Oliveira Martins
Doutora em Ciência e Tecnologia de Alimentos
IF Sudeste MG

Prof.^a Nataly de Almeida Costa
Doutora em Ciência e Tecnologia de
Alimentos
IF Sudeste MG

Prof.^a Wellington C. Almeida do Nascimento. Benevenuto
Doutora em Produção vegetal/Tecnologia de Alimentos
IF Sudeste MG

AGRADECIMENTOS

A Deus por ter me dado força, sabedoria e luz ao longo da caminhada.

A minha família, que é fortaleza - esposo, mãe e irmã, por entenderem as abdições de tempo, presença e por sempre apoiarem a busca pelos meus sonhos.

Ao corpo docente dessa instituição por todo conhecimento compartilhado e empenho em entregar um ensino de qualidade.

A minha orientadora que com sua paciência e dedicação fizeram esse projeto acontecer de uma maneira leve e segura.

Aos meus coorientadores, por todo apoio e incentivo em busca de uma melhor entrega do trabalho.

Aos meus amigos que sempre estiveram ao meu lado, me incentivando e encorajando a seguir em frente, em especial a amiga e parceira de projetos Débora Rezende, que foi meu guia, ajudadora e maior incentivadora para que o projeto do mestrado saísse dos planos e se tornasse realidade.

As amigas Gisely Peron e Laís Ramos que foram anjos enviados, para que o caminho do mestrado se tornasse mais puro, leve, cheio de amor e amizade. Vocês foram a minha fortaleza!

Aos meus pontos de luz, vó e pai, que intercedem por mim do outro lado da vida. Certeza que estão vibrando por mais essa realização.

Ao meu chefe François Mallard, por ter comprado a ideia do meu projeto e ter sido meu aliado para as liberações da rotina de trabalho.

A Brasil Gourmet, empresa na qual trabalho e sou grata por ter sido honrada com a possibilidade de conciliação dos estudos e por todo o financiamento do projeto.

A minha equipe de qualidade, que foi excepcional em cumprir um papel de maestria nas conduções das rotinas fabris, em minha ausência.

A todos que contribuíram de forma direta ou indireta para a realização deste sonho. A vocês citados o Meu Muito Obrigada! Pois vocês foram minha base e suporte indispensáveis para essa conquista, tornando especial a presença de cada um.

Consagre ao Senhor tudo o que você faz,
e os seus planos serão bem-sucedidos.
(Provérbios 16:3)

RESUMO

O cozimento *sous vide* é um dos métodos de produção de produtos prontos para consumo que apresenta interesse crescente de aplicação na indústria alimentícia. No método de cocção *sous vide*, os alimentos crus são selados à vácuo em embalagens termoestáveis, cozidos em banho-maria a uma temperatura abaixo de 100° C por longo tempo, sendo posteriormente resfriados. O objetivo desse trabalho foi avaliar a eficiência de tratamentos térmicos em processamento *sous vide* de filé mignon, elaborados em uma indústria de alimentos prontos para o consumo, com análise das características químicas, físicas e microbiológicas do Tornado de filé mignon. No desenvolvimento do estudo, as amostras foram submetidas a dois tratamentos térmicos com diferentes combinações de binômios tempo e temperatura (58°C/32 min – Padrão Indústria e 72°C no centro do produto – Padrão Legislação). O experimento foi realizado em três etapas, sendo a primeira, sem inoculação microbiana, na qual foram avaliados o efeito dos tratamentos térmicos sobre a microbiota inicial do produto, de acordo com o padrão microbiológico estabelecidos pela legislação vigente e sobre os parâmetros de A_w , pH, cor interna e externa, perda por cozimento e força de cisalhamento. Na segunda etapa avaliou-se o efeito sobre a microbiota de *Salmonella* entérica NCTC® 12023 e na terceira sobre *Eschericia coli* NCTC® 12241, ambas previamente inoculadas ao produto antes do tratamento térmico, na concentração de 10⁶UFC/g. Antes da condução dos experimentos, foi avaliada a eficiência dos tanques de banho maria, verificando-se a penetração de calor e frio, para certificar-se da transferência de calor uniforme nos tanques. O teste de transferência de calor indicou que o processo estava uniforme nos tanques, atendendo ao padrão de proposto pela indústria. Foi possível evidenciar que a contagem microbiana no produto final, independente do tratamento aplicado, atendeu ao preconizado pela legislação vigente. Em relação às características físico-químicas, observou-se diferença ($p < 0,05$) apenas em relação ao pH, sendo este maior nos produtos aquecidos a 72°C. Ambos os processos conferiram segurança microbiológica para os microrganismos inoculados, *Salmonella* entérica NCTC® 12023 e *Eschericia coli* NCTC® 12241, não sendo verificado presença dos mesmos nos produtos processados.

Palavras-chave: Validação térmica. Controle microbiano. Pratos prontos. Produto cárneo.

ABSTRACT

Efficiency of heat treatments in sous vide processing of filet mignon

Sous vide cooking is one of the methods of producing ready-to-eat products that is showing increasing interest in the food industry. In the *sous vide* cooking method, raw foods are vacuum sealed in thermostable packaging, cooked in a water bath at a temperature below 100° C for a long time, and then cooled. The objective of this work was to evaluate the efficiency of heat treatments in sous vide processing of filet mignon, prepared in a ready-to-eat food industry, with analysis of the chemical, physical and microbiological characteristics of the filet mignon Turner. During the development of the study, the samples were subjected to two heat treatments with different combinations of time and temperature binomials (58°C/32 min – T1 and 72°C in the center of the product – T2). The experiment was carried out in three stages, the first without microbial inoculation, in which the effect of heat treatments on the initial microbiota of the product was evaluated, in accordance with the microbiological standard established by current legislation and on the parameters of color, pH, Aw, cooking loss and shear force. In the second stage, the effect on the microbiota of *Salmonella enterica* was evaluated and in the third on *Eschericia coli*, both previously inoculated with the product before heat treatment, at a concentration of 10⁶ UFC/g. Before conducting the experiments, the efficiency of the water bath tanks was evaluated, checking the penetration of heat and cold, to ensure uniform heat transfer in the tanks. The heat transfer test indicated that the process was uniform in the tanks, meeting the standard proposed by the industry. It was possible to demonstrate that the microbial count in the final product, regardless of the treatment applied, met the requirements of current legislation. In relation to physicochemical characteristics, a difference ($p < 0.05$) was observed only in relation to pH, which was higher in products heated to 72°C. Both processes provided microbiological safety for the inoculated microorganisms, *Salmonella enterica* NCTC® 12023 and *Eschericia coli* NCTC® 12241, with no presence of them in the processed products.

Keywords: Thermal validation. Microbiological elimination. Microbial control, Ready meals. Meat product.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Quadro 1 - Combinações de tempo-temperatura para produtos de carne para alcançar a letalidade	19
Quadro 2 - Opção de resfriamento para produtos cárneos e aves cozido	21
Figura 1: Matéria-prima filé mignon	26
Figura 2: Fluxograma do processamento do Tornado de filé mignon bovino	27
Figura 3: Esquema das etapas de corte/toilet, tumbleamento, chapeamento e embalagem	28
Figura 4: Datalogger de temperatura teste	31
Figura 5: Teste de distribuição de calor dentro do tanque de cozimento vazios	31
Figura 6: Teste de distribuição de calor nos produtos, em diferentes localizações no tanque de tratamento térmico	32
Figura 7: Tratamento térmico <i>sous vide</i> realizado pela indústria parceira	33
Figura 8: Tanques de cozimento da área de Pesquisa e Desenvolvimento.....	36

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Esquema de aquecimento dos tanques de tratamento térmico e dos produtos durante o tratamento <i>sous vide</i>	29
Tabela 2 – Valores médios da temperatura de aquecimento alcançada com tanque vazio por termopar	38
Tabela 3: Valores médios das temperaturas registradas em cada sonda de cozimento dos dois grupos de tratamento durante o cozimento <i>sous vide</i> do tornedor de filé mignon bovino.....	39
Tabela 4: Resultados das análises microbiológicas para os tratamentos <i>sous vide</i> empregados	40
Tabela 5: Valores médios de atividade de água, pH, perda por cozimento e cor (L*, a*, b*) interna e externa e força de cisalhamento do Tornedor de filé mignon bovino cozido em <i>sous vide</i>	41

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

SV	<i>Sous vide</i>
APHIS	Serviço de Inspeção Sanitária e Vegetal
FSIS	Food Safety and Inspection Service
FDA	Inspeção federal de alimentos dos EUA
USDA	United States Department of Agriculture
IF Sudeste	Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sudeste de
MG	Minas Gerais
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
INMETRO	Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial

LISTA DE SÍMBOLOS

°C Graus Celsius

°F Fahrenheit

> Maior

< Menor

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	15
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	17
2.1 - Teoria de Obstáculos empregada na tecnologia <i>sous vide</i> para produtos cárneos	17
2.1.1 - Embalagem a vácuo	17
2.1.2 – Tratamento térmico	18
2.1.3 – Resfriamento e Congelamento	20
2.2 – Benefícios e potencial de aplicação da tecnologia <i>sous vide</i> em produtos cárneos	21
2.2.1 – Textura e Suculência	22
2.2.2 – Sabor e aroma	23
2.2.3 – Coloração da carne	23
2.2.4 – Segurança do alimento	24
3 OBJETIVOS	25
3.1 - Objetivo geral	25
3.2 – Objetivos específicos	25
4 MATERIAL E MÉTODOS	25
4.1 – Seleção da matéria prima	26
4.2 – Preparo das amostras	26
4.2.1 – Tratamentos empregados	29
4.2.2 – Etapas de desenvolvimento	29
4.3 – Avaliação do efeito dos diferentes tratamentos térmicos nas características físico-químicas e microbiológicas do tornedor de filé mignon <i>sous vide</i>	30
4.3.1 – Teste de distribuição de calor nos tanques de aquecimento e resfriamento	30
4.3.2 – Tratamentos <i>sous vide</i>	33
4.3.3 – Análises Microbiológicas	34
4.3.4 – Análises Físico-químicas	34

4.3.4.1– Determinação de pH	34
4.3.4.2 – Determinação de atividade de água	34
4.3.4.3 – Determinação objetiva da cor	34
4.3.4.4 – Força de cisalhamento	35
4.3.4.5 – Perda por cozimento	35
4.3.5 – Delineamento experimental	35
4.4 – Avaliação do efeito dos diferentes tratamentos térmicos no controle de <i>Salmonella entérica</i> NCTC® 12023 previamente inoculada nos tornedores de filé mignon, antes dos tratamentos térmicos	36
4.5 – Avaliação do efeito dos diferentes tratamentos térmicos no controle de <i>Escherichia coli</i> NCTC® 12241 previamente inoculada nos tornedores de filé mignon, antes dos tratamentos térmicos	37
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	38
5.1 – Avaliação do efeito dos diferentes tratamentos térmicos (padrão legislação e padrão indústria) nas características físico-químicas e microbiológicas do tornedor de filé mignon <i>sous vide</i>	38
5.1.1 – Teste de distribuição de calor nos tanques de aquecimento e resfriamento.....	38
5.1.2 – Análises Microbiológicas.....	40
5.1.3. Análises físico-químicas	41
5.2 – Avaliação do efeito dos diferentes tratamentos térmicos no controle de <i>Salmonella entérica</i> NCTC® 12023 previamente inoculada nos tornedores de filé mignon, antes dos tratamentos térmicos	42
5.3 – Avaliação do efeito dos diferentes tratamentos térmicos no controle de <i>Escherichia coli</i> Cepa NCTC NCTC® 12241 (WDCM 00013) previamente inoculada nos tornedores de filé mignon, antes dos tratamentos térmicos.....	43
6 CONCLUSÃO.....	44
REFERÊNCIAS.....	44

1 INTRODUÇÃO

A demanda crescente dos consumidores por alimentos seguros tem impulsionado a aplicação de técnicas inovadoras de cozimento, embalagem e conservação que possibilitam a manutenção das características sensoriais e nutricionais dos produtos suprimindo as necessidades dos consumidores. Acompanhando as demandas de mercado, novas tecnologias de processamento de alimentos, com aplicações de tratamentos térmicos adequados, estão sendo utilizadas para a entrega de produtos de conveniência e com mínima perda de compostos nutricionais, como a técnica de cocção *sous vide*.

A palavra *sous vide* é originária do francês, cuja denominação significa “sob vácuo”. Historicamente a técnica, teve início na França, no início dos anos 70, quando o chefe Georges Pralus verificou que ao colocar o alimento em uma bolsa plástica a vácuo e cozinhá-lo lentamente em determinada temperatura obtinha-se maior rendimento e sabor infinitamente superior, quando comparado as técnicas tradicionais. Já na metade da década de 80, quando a alta gastronomia se tornou famosa nos serviços de bordos nos trens na França, chefes e *caterers* mudaram seu foco para a qualidade, que foi quando Bruno Goussault, também conhecido como um dos fundadores do *sous vide*, refinou os parâmetros de cozimento, estabelecendo uma relação precisa entre tempo, temperatura e validade dos alimentos (Crea, 2000). Na mesma década, Bruno Goussault, começou a correlacionar as mudanças estruturais e texturais da carne com as temperaturas exatas de cozimento, aprimorando a técnica e mostrando que era possível ter alimentos mais macios e saborosos, desenvolvendo o método *sous vide* (Crea, 2022).

Dessa forma, no método de cocção *sous vide*, os alimentos crus são selados à vácuo em embalagens termoestáveis, cozidos em banho-maria a uma temperatura abaixo de 100° C por longo tempo, sendo posteriormente resfriados (Olatunde.; Benjakul; 2021; C. H. Park *et al.* 2020).

O cozimento *sous vide* é um dos métodos de produção de alimentos prontos para consumo que apresenta crescente aplicação na indústria alimentícia, incluindo *food service*, serviço de *catering* e restaurantes (Ayub; Ahmad, 2019; Ruiz-carrascal *et al.*, 2019), sendo uma alternativa atraente para a manutenção das características nutricionais e sensoriais dos produtos alimentícios e que apresenta uma série de vantagens para o processamento de carnes, como, a obtenção de características de qualidade mais uniformes como cor, redução da oxidação de gorduras e proteínas (Alahakoon *et al.*, 2019; Latoch, 2020; Ortuno *et al.*, 2021), redução da perda de substâncias voláteis (Latoch; Libera, 2019) e perdas de nutrientes (Silva *et al.*, 2016), além da inibição de contaminação cruzada durante o processamento, armazenamento e melhoria de sabor e flavor (Thathsarani; Alahakoon; Liyanage, 2022). De forma

geral, a qualidade do produto obtido pela técnica *sous vide* é fortemente influenciada pela temperatura e pelo tempo de cocção (Kathuria; Dhiman; Attri, 2022).

O aumento da temperatura pode garantir uma maior segurança microbiológica, mas também pode provocar alterações significativas nas características físico-químicas e sensoriais dos alimentos. Por outro lado, temperaturas mais baixas ajudam a preservar as qualidades sensoriais e físico-químicas dos produtos, mas exigem um tempo de processamento suficientemente longo para assegurar a eliminação completa de toda a microbiota patogênica (Ismail; Hwang; Joo, 2019).

No Brasil, a RDC 216 (Brasil, 2004) estabelece que na preparação dos alimentos, o tratamento térmico deve garantir, que todas as partes do produto atinjam a temperatura de, no mínimo, 70 °C, enquanto a Portaria CVS 5 (Brasil, 2013) define temperatura mínima de 74 °C no centro geométrico, para garantir a eficiência da cocção. Entretanto, ambas regulamentações estabelecem que temperaturas inferiores possam ser utilizadas no tratamento térmico, desde que as combinações de tempo e temperatura sejam suficientes para assegurar a qualidade higiênico sanitária dos alimentos.

O Departamento de Agricultura dos Estados Unidos por meio do Serviço de Inspeção e Segurança Alimentar, Food Safety and Inspection Service (USDA-FSIS), publicou o “Cooking Guideline for Meat and Poultry Products”, comumente conhecido como “Apêndice A”, o qual é frequentemente usado pela indústria da carne como documentação de suporte para atingir um nível de letalidade térmica desejado para produtos prontos para consumo, valores de temperaturas internas abaixo de 70 °C em tempos de permanência pré estabelecidos, para garantir a segurança de produtos cárneos prontos para consumo (USDA, 2021a).

Assim, considerando que o tratamento empregado pela indústria parceira deste trabalho baseia-se nos binômios tempo e temperatura indicados no “Apêndice A” do FSIS e que a regulamentação nacional prevê a possibilidade de utilização de temperaturas inferiores a 70 °C, mediante averiguação de sua efetividade, o presente trabalho busca avaliar comparativamente a qualidade e segurança dos produtos *sous vide* processados com o emprego dos dois diferentes parâmetros, aqui denominados como padrão legislação e padrão indústria.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Teoria de Obstáculos empregada na tecnologia *sous vide* para produtos cárneos

De acordo com Leistner e Gould (2002), o estudo das interações entre os vários fatores intrínsecos (como pH, atividade de água e nutrientes) e extrínsecos (como temperatura e umidade) que influenciam a capacidade de sobrevivência e multiplicação dos microrganismos nos alimentos levou ao desenvolvimento da Teoria dos Obstáculos de Leistner. As vantagens da utilização dessa Teoria, também conhecida como barreira tecnológica, são a economia de energia, a redução da quantidade de aditivos químicos empregados e menores perdas de alimentos (Leistner; Gorris, 1995; Leistner; Gould, 2002; Thomas *et al.*, 2008; Nunes; Karam, 2018).

Dessa forma, técnicas definidas por Leistner têm sido empregadas para controlar o crescimento microbiano, sendo comum a busca por novas tecnologias de processamento que utilizem um ou mais obstáculos, visando o prolongamento da vida útil dos alimentos, o controle do desenvolvimento microbiológico e à manutenção das características nutricionais, sensoriais, entre outras (Khan; Ullah; Oh, 2016).

O processamento *sous vide*, no qual são empregados diferentes tratamentos, como envase à vácuo, cozimento, refrigeração e em algumas situações o congelamento, constituindo-se em obstáculos ao desenvolvimento microbiano, tem sido reconhecido como um método alternativo para produtos cárneos cozidos convencionalmente, para aumentar a vida útil do alimento, reduzindo o desenvolvimento microbiano (Biyikli *et al.*, 2020; Chang Han, 2020; Kim *et al.*, 2019; Latoch; Libera, 2019), proporcionando manutenção das propriedades nutricionais e sensoriais (Biyikli *et al.*, 2020; Ji *et al.*, 2019; Saito *et al.*, 2020).

2.1.1 Embalagens a vácuo

Os alimentos *sous vide* são hermeticamente fechados em embalagens plásticas e submetidos a tratamentos térmicos controlados, em banho-maria. O vácuo aplicado a embalagens reduz a quantidade de ar em seu interior, e a vedação hermética favorece sua manutenção garantindo uma condição de anaerobiose. Sendo o oxigênio, o principal envolvido na deterioração de alimentos, devido à oxidação de gorduras e óleos, descoloração enzimática, além do favorecimento à multiplicação dos microrganismos aeróbios deteriorantes, sua redução ou remoção retardaria estes processos (Forsythe, 2013). Estudos mostram que em bifes bovinos, a embalagem à vácuo possibilita o controle de aeróbios totais, bactérias lácticas,

Pseudomonas sp., *Enterobacteriaceae* e coliformes, quando os produtos são processados a uma temperatura de 59 °C por 4h (Yang *et al.*, 2020).

Desta forma, do ponto de vista microbiológico, a aplicação de vácuo nas embalagens aumenta a vida útil dos alimentos, uma vez que inibe o crescimento de microrganismos aeróbicos obrigatórios, devido à remoção do oxigênio no produto (Ismail *et al.*, 2022). Entretanto, isso não garante a interrupção do crescimento dos microrganismos e muito menos garante a segurança do alimento. Na maioria dos casos, os alimentos podem ser expostos a condições inadequadas sendo necessário métodos de conservação associados para que mais uma barreira seja incorporada ao processo, como a cadeia de frio, por exemplo (Paranhos, 2019).

2.1.2 Tratamento térmico

O tratamento térmico em alimentos *sous vide* possui uma ampla importância para as características do produto, visto que muitos destes produtos não possuem redução da atividade de água, do pH e não contêm conservantes. Com isso, os produtos devem ser submetidos ao tratamento térmico, combinado com armazenamento refrigerado eficaz para manutenção da segurança do produto. Portanto, é de suma importância entender o efeito da temperatura em quaisquer patógenos nesses produtos, com a aplicação da técnica (Stringer, A. Metris, 2018).

A combinação do tratamento térmico, armazenamento refrigerado e atmosfera anaeróbica tem potencial impeditivo para o crescimento de muitos organismos deteriorantes e, portanto, podem prolongar o tempo de armazenamento, mas a falta de competição pode favorecer o crescimento de organismos formadores de esporos anaeróbios psicrotróficos. Em especial, existem preocupações sobre o potencial de crescimento e produção de neurotoxinas por *Clostridium botulinum*. (Peck *et al.*, 2008).

As características de temperatura e a resistência ao calor de alguns microrganismos, ditarão a magnitude dos tratamentos térmicos necessários para a produção de alimentos seguros. Esses critérios, geralmente são baseados nos piores cenários de níveis de contaminação, resistência ao calor e ambiente para o crescimento. Com isso, embora o cozimento possa destruir patógenos e seja frequentemente um ponto crítico de controle na segurança microbiológica, também afeta o sabor, a aparência e a textura dos alimentos (Stringer; Metris, 2018).

O Serviço de Inspeção e Segurança Alimentar (FSIS), agência de saúde pública do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA) estabelece, através do “Cooking Guideline for Meat and Poultry Products”, comumente conhecido como “Apêndice A” (USDA, 2021a) o tratamento térmico de 58,4 °C por no mínimo 24 minutos e temperaturas acima de 70 °C, instantâneo para a redução de 7 log₁₀ UFC/g de *Salmonella sp.* em produtos cárneos

cozidos, prontos para consumo (Quadro 1). De acordo com o Guia, em produtos cozidos, *Salmonella* sp. deve ser o indicador de letalidade, uma vez que a destruição térmica de *Salmonella* sp em produtos cozidos indica a letalidade da maioria de outros patógenos.

Quadro 1. Combinações de tempo e temperatura para produtos cárneos alcançar a letalidade

<i>Degrees Fahrenheit</i>	<i>Degrees Centigrade</i>	<i>6.5-log₁₀ Lethality</i>	<i>7-log₁₀ Lethality</i>
130	54.4	112 min.	121 min.
131	55.0	89 min.	97 min.
132	55.6	71 min.	77 min.
133	56.1	56 min.	62 min.
134	56.7	45 min.	47 min.
135	57.2	36 min.	37 min.
136	57.8	28 min.	32 min.
137	58.4	23 min.	24 min.
138	58.9	18 min.	19 min.
139	59.5	15 min.	15 min.
140	60.0	12 min.	12 min.
141	60.6	9 min.	10 min.
142	61.1	8 min.	8 min.
143	61.7	6 min.	6 min.
144	62.2	5 min.	5 min.
145	62.8	4 min.	4 min.
146	63.3	169 sec.	182 sec.
147	63.9	134 sec.	144 sec.
148	64.4	107 sec.	115 sec.
149	65.0	85 sec.	91 sec.
150	65.6	67 sec.	72 sec.
151	66.1	54 sec.	58 sec.
152	66.7	43 sec.	46 sec.
153	67.2	34 sec.	37 sec.
154	67.8	27 sec.	29 sec.
155	68.3	22 sec.	23 sec.
156	68.9	17 sec.	19 sec.
157	69.4	14 sec.	15 sec.
158	70.0	0 sec.**	0 sec.**
159	70.6	0 sec.**	0 sec.**
160	71.1	0 sec.**	0 sec.**

Fonte: USDAa, 2021.

**As temperaturas indicadas são as temperaturas internas mínimas que devem ser atendidas em todas as partes do produto para o tempo total de permanência listado.

A seção destacada em azul no quadro apresenta os tempos e temperaturas elegíveis, conforme as opções de umidade relativas especificadas no guia, aplicáveis a todos os produtos.

2.1.3 Resfriamento e Congelamento

O processo de resfriamento de um alimento preparado deve ser realizado de forma a reduzir o risco de contaminação cruzada e evitar a multiplicação microbiana. De acordo com a Resolução da Diretoria Colegiada nº 216 (Brasil, 2004), a temperatura do alimento preparado deve ser reduzida de 60 °C a 10 °C em até duas horas. Em seguida, o alimento deve ser conservado sob refrigeração a temperaturas inferiores a 5 °C, ou congelado à temperatura igual ou inferior a -18 °C. A refrigeração também possibilita a redução de problemas relacionados ao congelamento de alimentos, como por exemplo, a perda de sabor e modificações na textura (Ayub; Ahmad, 2019).

O congelamento pode inibir ou reduzir a atividade de microrganismos e enzimas que aceleram o processo de degradação dos alimentos (Kachani *et al.*, 2018). No entanto, durante esse processo, a formação de cristais de gelo pode danificar a estrutura dos produtos e para minimizar esses danos, recomenda-se que o congelamento seja rápido, para que os cristais formados sejam de menor tamanho, resultando em uma maior qualidade do produto final.

Segundo a Resolução nº 35 de 1977 da CNNPA – ANVISA (Brasil, 1977), alimento submetido ao congelamento rápido necessita de uma velocidade apropriada e com o emprego de equipamento adequado. A operação de congelamento deve ser conduzida de tal forma que a faixa de cristalização máxima seja ultrapassada rapidamente, de acordo com o tamanho e o tipo de alimento.

Ainda segundo a resolução (Brasil, 1977), o equipamento deve ser instalado e operado de tal forma que, após atingida a estabilização térmica, seja possível reduzir a temperatura, no centro térmico do alimento a menos dezoito graus centígrados (-18 °C), ou menos, ainda, e que essa temperatura seja mantida até o momento de consumo do produto (Elerate, 2020). Se um alimento ou grupo de alimentos necessitar de uma velocidade determinada de congelamento ou uma temperatura mais baixa, essas condições deverão ser especificadas nos padrões de identidade e qualidade do alimento considerado.

O congelamento é a maneira mais natural de conservação dos alimentos, pois não produz alterações sensoriais quando os mesmos já estão pré-cozidos ou cozidos (Kachani, 2018), e possui o efeito de preservar os alimentos contra a oxidação e o possível crescimento de agentes patogênicos e/ou deteriorantes, além de atenuar os problemas de sazonalidade de certos produtos (Bouzari; Barret, 2017; Vilas Boas *et al.*, 2012).

Quando conduzido em freezer doméstico, o processo geralmente ocorre a uma temperatura de - 12 °C, o que leva a um congelamento mais lento do que aquele conduzido na indústria, com o uso de túneis e de câmaras de congelamento com temperaturas que chegam de - 30 a - 45 °C. Com isso, é importante destacar que, embora as baixas

temperaturas reduzam a velocidade das reações químicas e enzimáticas, nem toda a água presente no alimento está congelada, o que possibilita a continuação, embora de forma mais lenta, das reações oxidativas (Zi - Xuan Wu *et al.*, 2022).

Assim como ocorre para o tratamento térmico, o Serviço de Inspeção e Segurança Alimentar (FSIS), estabelece, diretrizes de estabilização para produtos de carne e aves através do “FSIS Stabilization Guideline for Meat and Poultry Products (Revised Appendix B)” (USDA 2021b). A estabilização, segundo a diretriz, é o processo de prevenção ou limitação do crescimento de bactérias formadoras de esporos capazes de produzir toxinas no produto ou no intestino humano após o consumo e pode envolver diferentes métodos, como resfriamento, manutenção em temperaturas elevadas, além de ajustes nos níveis de pH ou atividade de água, sendo essenciais para garantir a segurança dos alimentos.

Temperaturas indicadas em USDA 2021b, para a estabilização, mediante refrigeração nos produtos cárneos prontos para consumo, podem ser verificadas no Quadro 2.

Quadro 2. Opção de resfriamento para produtos cárneos e aves cozidos

Parâmetros operacionais críticos			
Opção	1º Estágio de resfriamento redução de temperatura/tempo	2º Estágio de resfriamento redução de temperatura/tempo	Tempo total de resfriamento
Opção 1.6	52,2 °C para 26,6 °C ≤ 1,75 horas	26,6 °C para 12,7 °C ≤ 4,75 horas; esfriando até 4,4 °C	≤ 6,5 horas

Fonte: Adaptado de USDAb, 2021. FSIS Stabilization Guideline for Meat and Poultry Products.

Embora o resfriamento seja um processo contínuo, o FSIS recomenda que os estabelecimentos monitorem a temperatura em dois intervalos de temperatura distintos, chamados estágios, para melhor documentar o controle de patógenos. O primeiro estágio de resfriamento corresponde às temperaturas ótimas de crescimento para patógenos preocupantes. Reduzindo-se o tempo que o produto permanece na primeira etapa de resfriamento, proporciona maior controle de patógenos (USDA, 2021b).

2.1 Benefícios e potencial de aplicação da tecnologia *sous vide* em produtos cárneos

A carne é fonte de proteínas e fornece ao organismo aminoácidos essenciais, ácidos graxos e vitaminas importantes para a manutenção da saúde, sendo amplamente consumida devido ao seu apelo sensorial e nutricional (Patel; Toledo-Alvarado; Bittante, 2021). Com a melhoria das condições de vida da população mundial, aumentou também a demanda por

carne de melhor qualidade (Du *et al.*, 2023). Porém, há uma redução dessa qualidade nutricional quando submetida a tratamentos térmicos que utilizam temperaturas mais elevadas durante o seu preparo, como fritar, grelhar e assar (Kathuria; Dhiman; Attri, 2022).

Em contrapartida, o processamento *sous vide* tem sido considerado uma técnica potencial para a melhoria da aparência e características de palatabilidade, como sabor e aroma, possibilitando o aprimoramento das características sensoriais da carne e produtos cárneos (Cho *et al.*, 2020, Karpinska-Tymoszczyk *et al.*, 2020; Yang *et al.*, 2021). A técnica expandida em todo o mundo é amplamente utilizada em restaurantes e residências, e tem a sua popularidade atrelada ao processo mínimo necessário, para produzir produtos cárneos perfeitamente cozidos (Ruiz *et al.*, 2019).

Embora o método *sous vide* tenha sido aplicado a diversos alimentos, seu uso para carnes tornou-se popular (Ruiz *et al.*, 2013) e recentemente, a inovação do cozimento escalonado levou a um novo método de cozimento *sous vide* (Ismail *et al.*, 2019a; Ismail, Hwang e Joo, 2019b; Uttaro, Zawadski e Mcleod, 2019), isso ocorre pois o processo permite a preservação da qualidade sensorial, prevenção da oxidação lipídica, aumento no prazo de validade, redução de perdas por cozimento, aumento no rendimento e redução nos custos de material, mão de obra e armazenamento (Alahakoon; Liyanage, 2022).

Por conseguinte, os consumidores geralmente relacionam a qualidade da carne com cor, maciez, suculência e sabor (Zavadlav *et al.*, 2020). O cozimento *sous vide* da carne evita a perda de umidade, nutrientes e gordura intramuscular (Kathuria; Dhiman; Attri, 2022), sendo que o teor de umidade e gordura aumentam a palatabilidade da carne, contribuindo especificamente para seu sabor, suculência e maciez (Hopkins; Mortimer, 2014).

2.2.1 Textura e Suculência

O processamento *sous vide* resulta em textura uniforme e consistente para a carne e produtos cárneos (Alahakoon *et al.*, 2018; Jeong *et al.*, 2020; Karpinska-Tymoszczyk *et al.*, 2020; Kerdpiroon *et al.*, 2019), sendo reconhecida como o fator mais importante atrelado a qualidade do alimento, percebida pelo consumidor (Bolumar & Toepfl, 2016). Neste caso, pode-se relacionar o grau de maciez da carne cozida *sous vide*, com o efeito da temperatura e do tempo no tecido conjuntivo (Ismail *et al.*, 2019b; Purslow, 2018), o que possibilita o ganho de qualidade percebida nos produtos obtidos pela técnica, principalmente em cortes mais duros.

Dessa forma, o grau de maciez alcançado ao cozinhar cortes de carne tradicionalmente duros, com a aplicação da técnica de cozimento, pode ter contribuído para que a

mesma se tornasse amplamente aceita. Entretanto, esse efeito depende do uso de combinações muito específicas de tempos de cozimento muito longos a temperaturas muito baixas (Carrascala *et al.*, 2019).

Considerando que a desnaturação proteica, que leva ao encolhimento das fibras e solubilização do colágeno ocorrem em temperaturas mais elevadas, o processamento *sous vide* possibilita a manutenção da umidade no tecido muscular, o que resulta em produtos mais suculentos, devido ao emprego de temperaturas mais amenas durante o tratamento térmico (Dominguez-Hernandez *et al.*, 2018).

2.2.2 Sabor e aroma

O processamento *sous vide* também tem sido considerado uma técnica potencial na melhoria das características de palatabilidade, como sabor e aroma, aprimorando as características sensoriais da carne e produtos cárneos, tornando-os mais atrativos ao consumidor (Cho *et al.*, 2020, Karpinska-Tymoszczyk *et al.*, 2020; Yang *et al.*, 2021).

O sabor da carne processada é atribuído principalmente aos compostos aromáticos voláteis que se desenvolvem em temperaturas acima de 70 °C (Park *et al.*, 2020). Karpinska-Tymoszczyk *et al.* (2020) descobriram que, em temperaturas mais baixas, como 55 °C, o sabor e o aroma podem ser melhorados devido às interações entre açúcares e aminoácidos. Esse fenômeno induz a oxidação lipídica e a degradação térmica da tiamina, levando à liberação de compostos aromáticos na carne. Além disso, o sabor e o aroma da carne e dos produtos cárneos podem variar de acordo com o tipo de corte, a espécie animal e os produtos originados.

2.2.3 Coloração da carne

A carne cozida por *sous vide* exibe diferenças marcantes em suas características físico-químicas, apresentando-se mais clara e com uma coloração mais vermelha em comparação com a carne cozida por métodos convencionais (Ayub e Ahmad.; 2019).

A cor da carne tratada pelo método *sous vide* é influenciada por fatores como temperatura de cocção, tipo de músculo e tempo de armazenamento. Este método é conhecido por preservar e até realçar a cor natural da carne, mantendo um tom rosado uniforme e atraente, que pode ser atribuído à preservação da mioglobina (Gil, M *et al.*; 2022).

Além disso, o *sous vide* reduz as mudanças de cor e a formação de aminas aromáticas heterocíclicas em produtos cárneos em comparação à fritura em frigideira (Oz, F.; Zikirov, E.; 2015). A manutenção da coloração avermelhada na carne bovina, por exemplo, está

associada à preservação da mioglobina na forma de oximioglobina ou mioglobina desnaturada parcialmente oxidada, devido às temperaturas relativamente baixas que não atingem o ponto de desnaturação completa (Roldan *et al.*, 2013). Além disso, a ausência de oxigênio dentro da embalagem a vácuo minimiza a oxidação dos pigmentos, contribuindo para a aparência fresca da carne após o cozimento.

No entanto, a temperatura e o tempo também influenciam diretamente na intensidade da coloração. Em temperaturas superiores a 65 °C, ocorre maior desnaturação das proteínas mioglobinas, o que pode levar a um escurecimento gradual da carne. Esse efeito, aliado a Maillard e as reações de caramelização que podem ocorrer ao selar a carne, proporciona maior variação de coloração entre as camadas internas e externas (Baldwin, 2012).

Do ponto de vista do consumidor, a preservação das características dos núcleos da carne "no ponto" pelo método *sous vide* tem sido associada a maior aceitabilidade sensorial. Por outro lado, pode causar confusão em relação ao grau de cocção devido à percepção visual que difere da textura real, reforçando a necessidade de controle específico e comunicação clara sobre os parâmetros utilizados no preparo (Delgado & Sun, 2020).

2.2.4 Segurança do alimento

De forma geral, o processamento *sous vide* além de oferecer alimentos com características sensoriais próprias, possibilitam a obtenção de produtos mais seguros, uma vez que após embalados passam pelo tratamento térmico e não sofrem nenhum tipo de manuseio em contato direto posterior com o produto (Ramos, 2004; Crea, 2022), tornando-se um substituto potencial para os métodos convencionais de processamento térmico.

Assim, além dos benefícios relacionados à melhoria nas características físico-químicas e sensoriais já abordados, a técnica possui como principal objetivo o incremento na segurança microbiológica dos produtos, reduzindo o risco de contaminação (Ismail *et al.*, 2022).

Entretanto, uso de temperaturas mais baixas é um obstáculo para a segurança dos alimentos no processamento *sous vide*, visto que o produto que por vezes é processado pode não atingir a temperatura mínima para estabilidade microbiológica ou inativação de crescimento. Uma parcela específica das bactérias patogênicas prolifera em alimentos mantidos em faixas de temperatura entre 42 °C e 49 °C, enquanto outras apresentam crescimento significativo entre 50 °C e 55 °C. O aumento progressivo da temperatura no alimento pode intensificar a multiplicação desses microrganismos (Casemiro; Zambiazib; Vendraminia, 2020; Onyeaka; Nwaizu; Ekaette, 2022).

Por outro lado, o cozimento do produto dentro da embalagem a vácuo, além de impossibilitar uma recontaminação pós-tratamento térmico, possibilita a geração de um ambiente

de anaerobiose, o que inibe o desenvolvimento de aeróbios estritos durante e após o tratamento térmico (Cui *et al*, 2022).

3. OBJETIVOS

OBJETIVO GERAL:

Comparar o efeito de dois diferentes tratamentos térmicos empregados em processamento *sous vide*, nas características físico-químicas e microbiológicas de tornedor de filé mignon.

3.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Comparar o efeito do tratamento térmico 72 °C no centro geométrico com o tratamento térmico usado pela indústria parceira, 58 °C/32 min, nas características microbianas do tornedor de filé mignon *sous vide*;
- Avaliar o efeito do tratamento térmico 72 °C no centro geométrico com o tratamento térmico usado pela indústria parceira, 58°C/32 min, nas características de pH, cor, textura, atividade de água e perda por cozimento;
- Simular contaminação microbiana por *Salmonella entérica* no tornedor de filé mignon e avaliar a eficiência dos diferentes tratamentos térmicos na inativação microbiana;
- Simular contaminação microbiana por *Escherichia coli* no tornedor de filé mignon, e avaliar a eficiência dos diferentes tratamentos térmicos na inativação microbiana.

4 MATERIAL E MÉTODOS

O projeto foi desenvolvido no Departamento de Ciência e Tecnologia de Alimentos do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia, campus Rio Pomba, em parceria com uma indústria de alimentos *sous vide* localizada na Zona da Mata mineira.

As análises físico-químicas foram realizadas no laboratório de carnes da Universidade Federal de Lavras (UFLA) e as análises microbiológicas no laboratório terceirizado Brquality, em Juiz de Fora.

A empresa parceira é registrada no Serviço de Inspeção Federal (SIF) do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, o que assegura que seus produtos atendem aos rigorosos padrões de qualidade e segurança do alimento. Além disso, a empresa possui

certificação em FSSC 22000, um dos padrões internacionais mais reconhecidos para sistemas de gestão de segurança de alimentos, e conta com habilitação de exportação para diversos países, incluindo EUA, Emirados Árabes, Chile, Austrália, Colômbia e Uruguai. No Brasil, essa empresa se destaca por ser a única a operar em escala industrial utilizando a combinação de duas das mais avançadas técnicas de cocção e congelamento do mundo: *sous vide* e ultracongelamento por nitrogênio líquido. Essa combinação permite produzir alimentos com alta qualidade sensorial e microbiológica, atendendo tanto ao mercado nacional quanto ao internacional.

4.1 Seleção da Matéria prima

A matéria-prima utilizada no presente estudo foi o filé mignon bovino resfriado (Figura 1), obtido de um frigorífico registrado no Ministério da Agricultura e Pecuária (MAPA).

No recebimento foi verificada a temperatura do veículo de transporte e do produto, além de características visuais da coloração da carne, integridade das embalagens, condições de higiene e o acondicionamento do alimento dentro do veículo frigorificado responsável pelo transporte da carga.

Figura 1. Matéria-prima filé mignon bovino



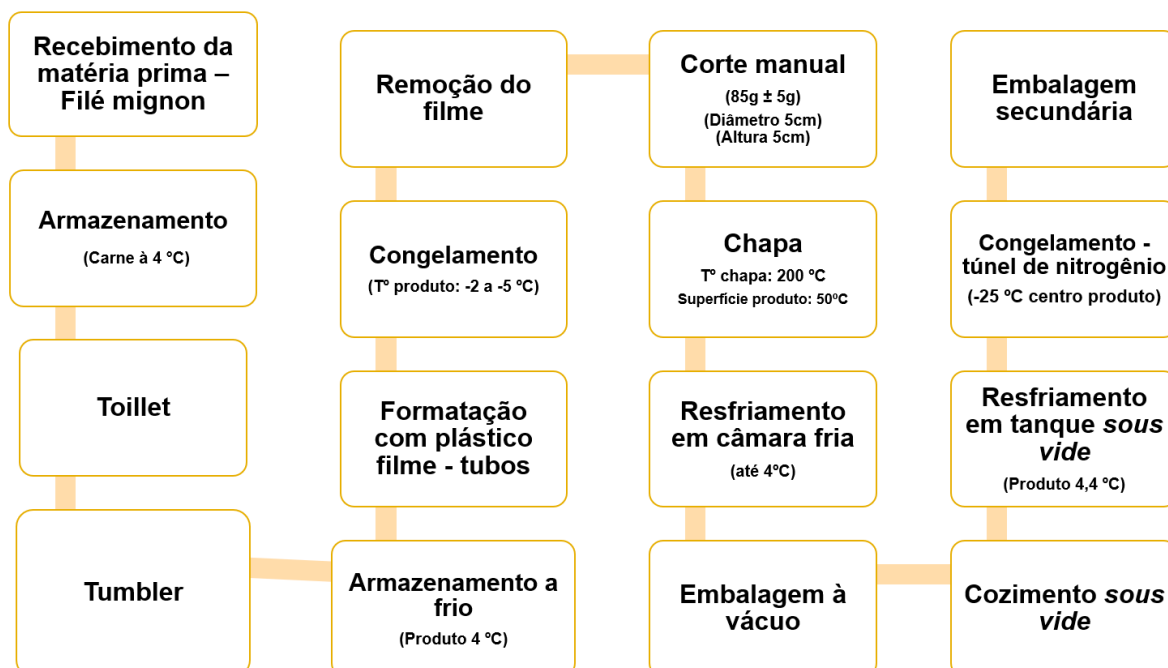
Fonte: Autoria Própria

4.2 Preparo das amostras

Após o recebimento, as amostras foram preparadas seguindo os procedimentos empregados na indústria parceira, conforme fluxograma apresentado na Figura 2.

Figura 2. Fluxograma do processamento do Tornado de filé mignon bovino

Fonte: Autoria própria



Inicialmente, as matérias-primas recebidas foram armazenadas em câmaras frias até o momento de sua utilização. Em seguida, as peças de filé mignon (aproximadamente 1Kg), passaram pela etapa de *toilet*, e foram levadas ao tumbler (Duckman - marca Vetre), juntamente com a Salmoura previamente preparada com os seguintes ingredientes: água filtrada gelada (< 10 °C) (0,005 L), amido de mandioca modificado Funchs (0,013 kg), maltodextrina Funchs (0,004 kg), cloreto de sódio Globo (0,011 kg) e pimenta-do-reino Portuense (0,001 kg). O tumbler permaneceu em rotação a aproximadamente 5 rpm por cerca de 40 minutos, permitindo a incorporação uniforme da salmoura nas peças de carne.

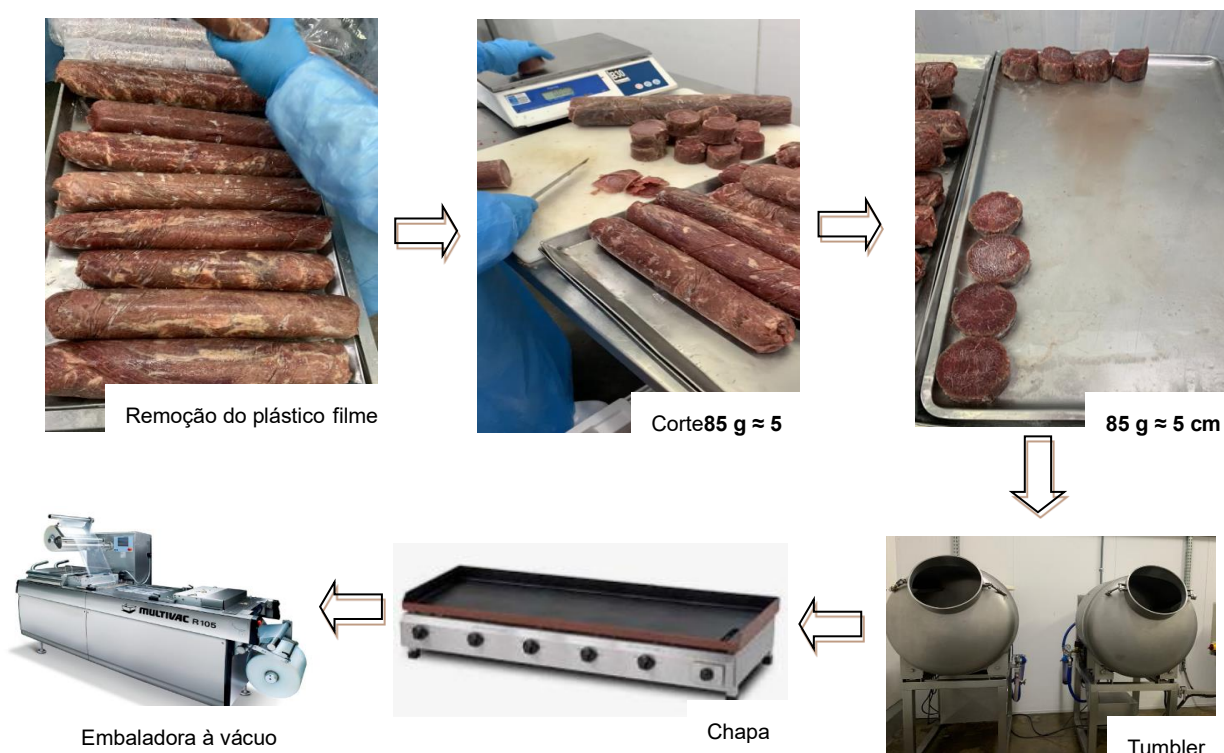
Após o período de tumbleamento, as peças foram armazenadas em câmaras frias a 4 °C até o momento da formatação em tubos. Em seguida foram então envoltas em plástico filme e congeladas a temperaturas entre -2 °C e -5 °C. Após o congelamento, o plástico filme foi removido, e os cortes cilíndricos foram realizados manualmente para atingir o peso alvo de 85 gramas. Nos casos em que os cortes apresentavam pesos superiores a 85 gramas, foram feitos pequenos ajustes até que o peso alvo ou a variação máxima aceitável (+/- 5 gramas) fosse alcançado. A partir dessa etapa, o produto passou a ser denominado tornado de filé mignon, conforme ilustrado na Figura 3.

Após o corte, os tornedores foram selados em uma chapa de aquecimento (200 °C) para formar uma coloração castanho-dourada na superfície de apenas um dos lados. Em seguida, foram colocados em uma câmara fria a 4 °C para a queda de temperatura. Somente após atingirem temperaturas inferiores a 10 °C, aferidas no centro geométrico do produto, as peças foram

acondicionadas em embalagens termoresistentes e moldáveis, de grau alimentício, consistindo em duas partes chamadas de filme plástico tampa e fundo.

O filme tampa é laminado de BOPET (biaxialmente-orientado de polietileno natural liso), com um filme coextrusado de 9 camadas que inclui polietileno (PE), poliamida (PA) e copolímero de etileno e álcool vinílico (EVOH), apresentando uma taxa de permeabilidade ao oxigênio (TPO2) de $< 4,0 \text{ cm}^3/\text{m}^2/\text{dia}$ e uma taxa de permeabilidade ao vapor d'água (TPVA) de $< 6,0 \text{ g}/\text{m}^2/\text{dia}$. O filme fundo é termoformado, produzido em 9 camadas, composto basicamente de polietileno (PE), poliamida (PA) e copolímero de etileno e álcool vinílico (EVOH), com uma taxa de permeabilidade ao vapor d'água (TPVA) de $< 3,0 \text{ g}/\text{m}^2/\text{dia}$ e uma taxa de permeabilidade ao oxigênio (TPO2) de $< 4,0 \text{ cm}^3/\text{m}^2/\text{dia}$. As embalagens foram então seladas a vácuo usando uma máquina Multivac R105.

Figura 3. Esquema das etapas de corte/toillet, tumbleamento, chapeamento e embalagem



Após a embalagem primária, os tornedores são levados para a etapa de processamento térmico, utilizando a técnica de *sous vide*. Quando o produto atinge a temperatura alvo de cocção no seu centro geométrico, as gaiolas contendo os tornedores são transferidas para o tanque de resfriamento *sous vide*, onde são resfriadas até atingir temperaturas iguais ou menores que $4,4 \text{ }^{\circ}\text{C}$.

4.2.1 Tratamentos empregados

Na etapa de cozimento *sous vide*, apresentada na Figura 2, foram avaliados dois diferentes binômios tempo e temperatura, correspondendo aos tratamentos empregados:

- Tratamento térmico 72 °C no centro geométrico – denominado “Padrão legislação”.
- Tratamento térmico 58 °C por 32 minutos – denominado “Padrão indústria”.

Estes tratamentos foram estabelecidos, uma vez que a legislação brasileira, RDC 216 (Brasil, 2004) estabelece que na preparação dos alimentos, o tratamento térmico deve garantir que todas as partes produto atinjam a temperatura de, no mínimo, 70°C, e a indústria parceira emprega o tratamento térmico baseado nas indicações do “Cooking Guideline for Meat and Poultry Products”, comumente conhecido como “Apêndice A” (USDA, 2021a), que define tratamento térmico de 58,4 °C por no mínimo 24 minutos para a eliminação de 7 log10 *Salmonella* sp (Quadro 1), tornando-se importante a comparação da efetividade dos mesmos na manutenção da segurança dos produtos, além do efeito sob as características físico-químicas dos mesmos.

Assim, para as variações dos tratamentos empregados, procedeu-se conforme apresentado na Tabela 1.

Tabela 1: Esquema de aquecimento dos tanques de tratamento térmico e dos produtos durante o tratamento *sous vide*

Fase de aquecimento	Padrão Indústria	Padrão Legislação
1ª fase Binômio tempo x temperatura da água do tanque de aquecimento	85 °C por 5 minutos	85 °C por 5 minutos
2ª fase Binômio tempo x temperatura da água do tanque de aquecimento	68 °C por 23 minutos	75 °C até atingir 72 °C no centro do produto
3ª fase Temperatura interna do produto	58 °C por 32 minutos	72 °C (instantâneo)

Fonte: Autoria própria

Em seguida, os produtos foram congelados em um túnel de nitrogênio líquido a -25 °C no centro do produto. Após o congelamento, os tornedores passam para a etapa de embalagem secundária, onde são acondicionados em caixas de papel ondulado.

4.2.2 Etapas de desenvolvimento

O presente trabalho foi desenvolvido em três etapas:

- 1) Avaliação do efeito dos diferentes tratamentos térmicos (padrão legislação e padrão indústria) nas características físico-químicas e microbiológicas do tornedor de filé mignon *sous vide*;
- 2) Avaliação do efeito dos diferentes tratamentos térmicos (padrão legislação e padrão indústria) no controle de *Salmonella entérica* NCTC® 12023 previamente inoculada nos tornedores de filé mignon, antes dos tratamentos térmicos;
- 3) Avaliação do efeito dos diferentes tratamentos térmicos (padrão legislação e padrão indústria) no controle de *Escherichia coli* Cepa NCTC NCTC® 12241 (WDCM 00013) previamente inoculada nos tornedores de filé mignon, antes dos tratamentos térmicos.

4.3 Avaliação do efeito dos diferentes tratamentos térmicos nas características físico-químicas e microbiológicas do tornedor de filé mignon *sous vide*

Para cada tratamento foram produzidos três lotes conduzidos em ensaios independentes. De cada lote foram coletadas 9 amostras de produto acabado, sendo 5 destinadas para análises microbiológicas e 4 para análises físico-químicas.

Após obtenção das amostras, antes de realização do tratamento térmico, verificou-se a distribuição de calor nos tanques de aquecimento e resfriamento.

4.3.1 Teste de distribuição de calor nos tanques de aquecimento e resfriamento

Como garantia de uma distribuição de calor uniforme, dentro dos tanques de cozimento, pré-resfriamento e resfriamento, determinando seu ponto frio no processo contínuo da indústria parceira, foi realizado um teste de penetração de calor nos tanques de cozimento e resfriamento.

Para tal, foi utilizado o datalogger de temperatura Testo, modelo 176 T4 (Figura 4). Os termopares utilizados foram do tipo espeto, devidamente calibrados.

Figura 4. Datalogger de temperatura Testo



Fonte: Figura 4.A - <https://www.testo.com>; Figura 4B – Autoria própria

Para verificação da transferencia térmica dentro dos tanques de cozimento vazios, os termopares devidamente calibrados, foram fixados em diferentes bandejas da gaiola (Figura 5).

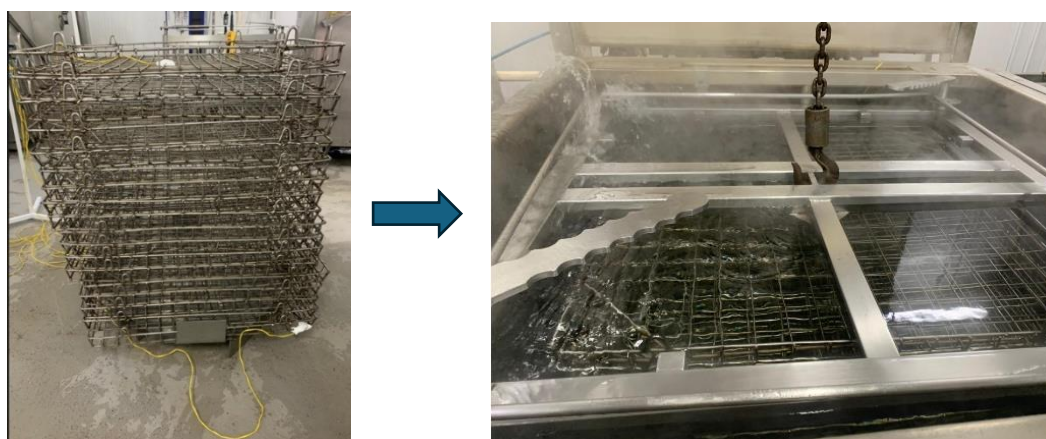
Para o processamento padrão legislação, o processamento térmico foi programado com duas fases:

- 1ª fase: 85 °C por 5 minutos;
- 2ª fase: 75 °C.

Para o processamento padrão indústria, o tratamento térmico foi programado para três fases:

- 1ª fase: 85 °C por 5 minutos;
- 2ª fase: 68 °C por 23 minutos;
- 3ª fase: 58 °C por 32 minutos.

Figura 5. Teste de distribuição de calor dentro do tanque de cozimento vazios



Fonte: Autoria própria

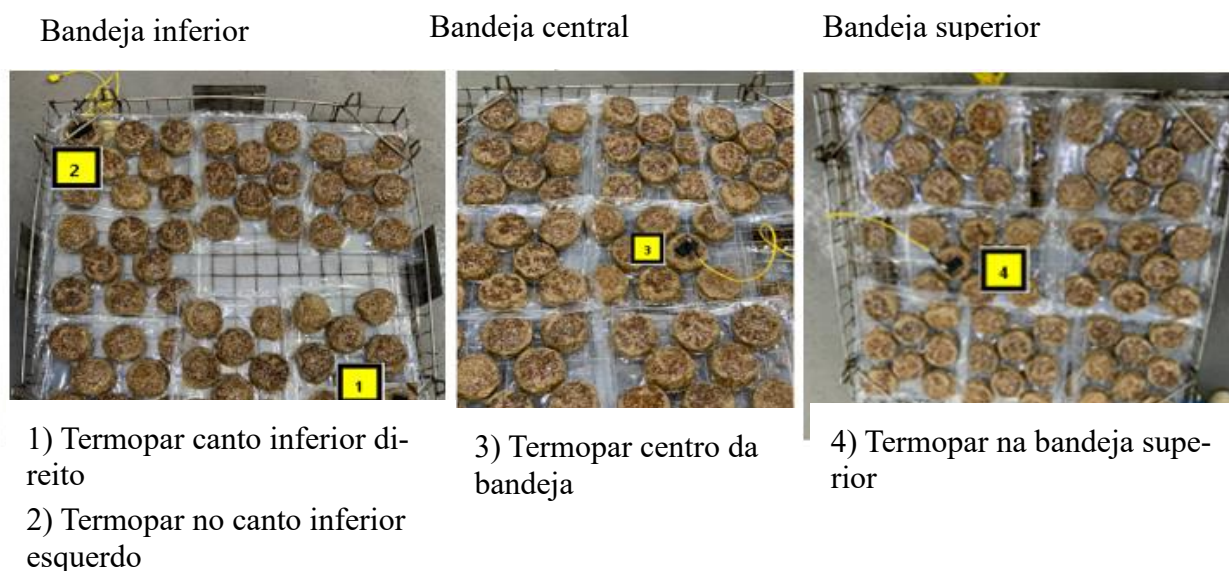
Para certificar-se de que a transferência térmica seria alcançada nos produtos, realizou-se também o teste de distribuição de calor considerando a pior condição de distribuição da temperatura, ou seja, o tanque de cozimento carregado com sua capacidade máxima de produto.

Os termopares do datalogger foram estrategicamente posicionados nos produtos em diferentes localizações dentro da gaiola (Figura 6) para monitorar a transferência térmica, nos seguintes pontos:

- Produtos na bandeja inferior esquerda;
- Produtos na bandeja inferior direita;
- Produtos na bandeja do centro;
- Produto localizado no centro da gaiola;
- Produto na última bandeja.

Essa distribuição permitiu uma análise da uniformidade da transferência térmica dentro da gaiola durante todo o processo térmico.

Figura 6. Teste de distribuição de calor nos produtos, em diferentes localizações no tanque de tratamento térmico



Fonte: Autoria própria

As leituras dos dados do datalogger foram realizadas no programa Software ComSoft Básico. A região de aquecimento mais lento do tanque, também denominado ponto frio, foi determinada através da menor média de temperatura obtida.

4.3.2 Tratamentos *sous vide*

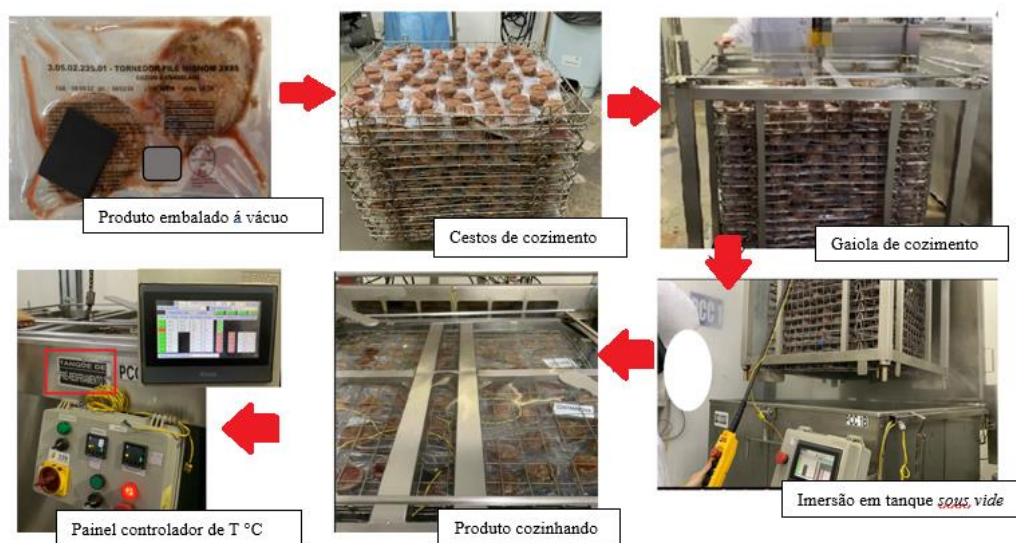
Após a realização dos testes de distribuição de calor nos tanques, os produtos foram submetidos aos tratamentos térmicos padrão legislação e padrão indústria. Nos estudos de aplicação de tratamento térmico, foram utilizados dois tanques (PPIENK, modelo BM-100E) de 630 litros com capacidade para mais de 30 amostras e gaiolas para acondicionamentos dos produtos.

Para avaliar o efeito do cozimento padrão legislação sobre a carga microbiana, e nas características físico-químicas dos produtos, realizou-se o processamento de acordo com o esquema apresentado na Tabela 1 ou seja, os produtos foram inicialmente colocados em banho maria a 85 °C, no qual permaneceram por 5 minutos em seguida, houve a redução da temperatura do tanque para 75 °C, permanecendo nesta temperatura até atingirem 72 °C no centro geométrico.

Para avaliar o efeito do cozimento padrão indústria sobre a carga microbiana, e características físico-químicas dos produtos, realizou-se o tratamento térmico conforme esquema apresentado na Tabela 1 ou seja, os produtos foram inicialmente colocados em banho maria a 85 °C por 5 minutos, seguido da redução na temperatura do banho para 60 °C, permanecendo nessa temperatura até o Tornado atingir 58 °C em seu centro por mais 32 minutos.

Os tratamentos térmicos foram conduzidos conforme esquema apresentado na Figura 7.

Figura 7. Tratamento térmico *sous vide* realizado pela indústria parceira



Fonte: Autoria própria

Após os tratamentos térmicos, os produtos foram pré-resfriados por 15 minutos em banho com água a temperatura ambiente (20 °C) e em seguida conduzidos para a etapa de resfriamento em banho a temperatura entre 0 e 2°C. Após o produto atingir temperatura interna mínima de 4,4 °C foram conduzidos ao congelamento rápido em túnel de nitrogênio líquido.

4.3.3 Análises Microbiológicas

Os produtos *sous vide* são classificados na categoria de alimentos preparados prontos para o consumo elaborados com emprego de calor. Para verificar o atendimento aos requisitos legais, preconizados pela Instrução Normativa nº161 (BRASIL, 2022) para a categoria de alimentos em questão, foram realizadas determinações de *Salmonella*/25g, conforme Andrews, *et al*, 2024; *B. cereus* presuntivo/g, conforme Tallet *et al.*, 2020; *Clostridium perfringens*/g, conforme Rhodhamel; Harmon, 2021; *Estafilococos coagulase positiva*/g (Tallent; Bennett; Lancette, 2021); *Escherichia coli*/g (FENG *et al.*; 2020), e *Listeria monocytogenes* (Hitchins; Karen Jinneman; Chen.; 2022).

4.3.4 Análises Físico-químicas

Para verificar o efeito dos diferentes tratamentos térmicos empregados sob as características físico-químicas dos produtos, realizou-se as avaliações de pH, atividade de água (Aw), cor objetiva, perda de peso por cozimento e força de cisalhamento.

4.3.4.1 Determinação de pH

O pH foi medido por um eletrodo de inserção em três diferentes locais (triplicado), utilizando um medidor de pH portátil (modelo HI 99163; Hanna Instruments, Woonsocket, RI, EUA).

4.3.4.2 Determinação de atividade de água

Uma porção triturada do Tornedor foi utilizada para determinação da atividade de água (Aw), utilizando aparelho Aqualab® CX2 (Decagon Devices Inc., Pullman, Estados Unidos), a uma temperatura de 25 °C.

4.3.4.3 Determinação objetiva da cor

Para a avaliação instrumental da cor tanto da parte externa quanto da parte interna do Tornedor (produto cortado ao meio), utilizou-se um espectrofotômetro portátil CM-700 (Konica

Minolta Sensing Inc, Osaka, Japão), com porta de abertura de 8 mm, iluminante A, ângulo de 10° para o observador, no modo de luz especular excluída (SCE).

Os índices de luminosidade (L^*), amarelo (b^*) e vermelho (a^*) foram obtidos a partir da média de cinco leituras realizadas na superfície das amostras descongeladas à temperatura ambiente e mantidas por 30 min de exposição ao ar atmosférico (bloomng) (Ramos & Gomide, 2017).

4.3.4.4 Força de cisalhamento

A força de cisalhamento foi determinada de acordo com o método Warner-Bratzler (WBsSF) (SILVA *et al.*; 2015), com a amostra cozida e cortada em retângulos (1cm x 1cm x 2,5cm) na direção das fibras musculares. Uma lâmina Warner-Bratzler acoplada a um texturômetro (TA. XTplus, Stable Micro Systems Ltd., Godalming, Surrey, Reino Unido) realizou o corte transversal das amostras (a 3,33 mm/s) e a força máxima (N) necessária para cisalhar completamente cada amostra foi medida.

4.3.4.5 Perda por cozimento

A determinação da perda por cozimento foi realizada mediante a pesagem do produto embalado a vácuo antes e após o processo de cocção. Para garantir a rastreabilidade e a correspondência entre os valores de peso pré e pós-processamento térmico, as embalagens foram previamente identificadas de forma numérica. A pesagem ocorreu em balança digital da marca Lenke, modelo LK2500-6.

4.3.5 Delineamento Experimental

Para as determinações de pH, Atividade de água, cor, força de cisalhamento e perda por cozimento, os resultados foram submetidos à análise de variância, no Delineamento Inteiramente Casualizado (DIC), com três repetições e análise em duplicata.

As comparações foram realizadas duas a duas com o objetivo de comparar os processos *sous vide* na temperatura de cozimento padrão legislação e padrão indústria.

As análises estatísticas foram realizadas empregando-se o programa Sisvar versão 5.3 (Ferreira, 2014).

4.4. Avaliação do efeito dos diferentes tratamentos térmicos no controle de *Salmonella entérica* NCTC® 12023 previamente inoculada nos tornedores de filé mignon, antes dos tratamentos térmicos

A segunda e terceira etapa do experimento foram conduzidas nas instalações de Pesquisa e Desenvolvimento da empresa parceira, para evitar uma possível contaminação na área de produção, em tanques próprios para simulação em pequena escala (Figura 8).

Figura 8. Tanques de cozimento da área de Pesquisa e Desenvolvimento



Fonte: Autoria própria

Assim como realizado no setor industrial, antes da realização dos tratamentos térmicos foi realizado teste de distribuição de calor nos tanques de aquecimento e resfriamento, conforme especificado no item 4.3.1.

Nesta segunda etapa do experimento, após obtenção das amostras, antes da embalagem à vácuo, realizou-se a inoculação de 1mL de inóculo na concentração de 10^6 UFC/mL de *Salmonella entérica* NCTC® 12023 para obtenção de uma concentração de aproximadamente 10^5 UFC/g no produto.

Para a ativação dos inóculos, de *Salmonella entérica* uma cepa que estava em conservação congelada no meio de manutenção em glicerol, foi submetida à reativação em condições estéreis, transferindo-se uma alíquota de cultura preservada para um meio de enriquecimento não seletivo, caldo tripticase de soja (TSB), seguido de incubação a 37 °C por 24 horas.

Após a ativação inicial, alíquotas da cultura foram colocadas em meios seletivos e diferenciais, como ágar XLD (*Xilose Lisina Deoxicolato*), para a confirmação da presença de

Salmonella enterica. O inóculo possuía a concentração celular viável de 10^6 UFC/mL. O inóculo ativado foi mantido sob condições controladas de temperatura até sua aplicação experimental.

A inoculação dos microrganismos já ativos, foi realizada no centro geométrico do produto, sempre no lado não chapeado da peça. O procedimento foi conduzido de forma asséptica, em capela de fluxo laminar. Após a inoculação, as amostras foram seladas a vácuo e encaminhadas para o cozimento nas temperaturas e tempos especificados no item 4.2.1 para processamento *sous vide* padrão legislação e padrão indústria.

Após o tratamento térmico, realizou-se a contagem de *Salmonella sp.*, conforme metodologia proposta na ISO 6579-2:2019.

4.5 Avaliação do efeito dos diferentes tratamentos térmicos no controle de *Escherichia coli* NCTC® 12241 previamente inoculada nos tornedores de filé mignon, antes dos tratamentos térmicos

Nesta terceira etapa do experimento, após obtenção das amostras, antes da embalagem à vácuo, realizou-se a inoculação de 1mL de inóculo na concentração de 10^6 UFC/mL de *Escherichia coli* Cepa NCTC NCTC® 12241 (WDCM 00013) para obtenção de uma concentração de aproximadamente 10^5 UFC/g no produto.

Para a ativação dos inóculos de *Escherichia coli* uma cepa NCTC® 12241 que estava em conservação congelada no meio de manutenção em glicerol, foi realizada a reativação em condições estéreis, transferindo-se uma alíquota de cultura preservada para um meio de enriquecimento não seletivo, caldo tripticase de soja (TSB), o qual foi incubado a 37°C por 24 horas.

Após a ativação inicial, alíquotas da cultura foram colocadas em meios diferenciais e seletivos, como ágar eosina azul de metileno (EMB), para garantir a identidade fenotípica de *Escherichia coli*. O inóculo possuía a concentração celular viável de 10^6 UFC/mL. O inóculo ativado foi mantido sob condições controladas de temperatura até sua aplicação experimental.

A inoculação foi realizada no centro geométrico do produto, sempre no lado não chapeado da peça. O procedimento foi conduzido de forma asséptica, em capela de fluxo laminar. Após a inoculação, as amostras foram seladas a vácuo e encaminhadas para o cozimento nas temperaturas e tempos especificados no item 4.2.1 para processamento *sous vide* padrão legislação e padrão indústria.

Após o tratamento térmico, realizou-se a contagem de *Escherichia coli*, conforme metodologia proposta na ISO16649-2: 2022.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Avaliação do efeito dos diferentes tratamentos térmicos nas características físico-químicas e microbiológicas do tornedor de filé mignon *sous vide*

5.1.1 Teste de distribuição de calor nos tanques de aquecimento e resfriamento

O teste de distribuição de calor no tanque de cozimento demonstrou uma distribuição uniforme em todas as posições de inserção do termopar, conforme pode ser observado na Tabela 2.

Tabela 2: Valores médios da temperatura de aquecimento alcançada com tanque vazio por termopar

Posição do termopar	Temperatura Inicial (°C)	T1 58°C / 32 min	T2 72°C no centro do produto
Canto inferior direito	14,1 ± 0,14	58,3 ± 0,22	71,5 ± 0,60
Canto inferior esquerdo	14,2 ± 0,07	59,3 ± 0,16	71,6 ± 0,67
Centro	14,4 ± 0,07	58,2 ± 0,19	69,8 ± 0,60
Superfície	14,5 ± 0,14	58,4 ± 0,17	69,7 ± 0,67
Média ± desvio padrão	14,3 ± 0,07	58,55 ± 0,18	70,65 ± 0,63

Valores médios de três repetições

Fonte: Autoria própria

Ao final do período de aquecimento para atingir 58°C, os termopares registraram valores médios que variaram entre 58,2°C (centro) e 59,3°C (canto inferior esquerdo), com uma média geral de 58,55°C ± 0,18. Essa baixa variação entre as posições indica que o sistema apresentou boa uniformidade térmica durante essa fase, com diferenças mínimas atribuíveis à distribuição de calor dentro do tanque. Os resultados do tratamento T2 demonstram que as temperaturas nos cantos inferiores (direito e esquerdo) estão mais próximas da meta de 72 °C, enquanto o centro e a superfície apresentam valores mais baixos, com diferenças máximas de até 2,3 °C em relação à meta. O desvio padrão relativamente baixo (entre 0,60 e 0,67°C) reflete consistência no processo térmico, embora existam gradientes térmicos percebidos.

A validação térmica em tanques de cozimento é um processo essencial para garantir a segurança microbiológica, a qualidade do produto e a eficiência do processo produtivo. Pois visa garantir que, independentemente do ponto em que o produto estiver distribuído dentro do tanque, o aquecimento será eficiente e capaz de garantir a segurança do alimento.

Além da distribuição de calor dentro do tanque, a verificação da transferência térmica no interior dos produtos também é de suma importância, garantindo que todas as amostras alcançarão a temperatura necessária para a inativação microbiana. A realização do teste também demonstrou resultado satisfatório, indicando que a temperatura programada para ambos os tratamentos, foram atingidas, independente dos locais de disposição das amostras no tanque de tratamento térmico (Tabela 3).

Tabela 3: Valores médios das temperaturas registradas em cada sonda de cozimento dos dois grupos de tratamento durante o cozimento *sous vide* do tornedor de filé mignon bovino

Posição dos produtos no tanque de cozimento	T1 58°C / 32 min	T2 72°C no centro do produto
Canto inferior direito	58,7 °C ± 0,16	72,7 °C ± 0,15
Canto inferior esquerdo	58,7 °C ± 0,31	73,5 °C ± 1,78
Centro	58,5 °C ± 0,44	75,1 °C ± 2,48
Superfície centro	58,7 °C ± 0,41	75,5 °C ± 2,88
Média +/- desvio padrão	58,7 °C ± 0,32	74,2 °C ± 1,81

Valores médios de três repetições

Fonte: Autoria Própria

A transferência térmica homogênea em tanques de processamento *sous vide*, são fundamentais para garantir a eficiência do processamento térmico, a segurança microbiológica e a preservação da qualidade do produto.

De acordo com Fellows (2017), a transferência de calor eficiente é crucial nos processos de cozimento, pois determinam não apenas a segurança do produto final, mas também sua qualidade e a conformidade com os padrões regulatórios.

Assim, a compreensão e o controle da transferência térmica são essenciais para melhorar o desempenho dos tanques de armazenamento, garantindo a produção de alimentos seguros e de alta qualidade.

5.1.2 Análises Microbiológicas

Para avaliar o atendimento aos padrões microbiológicos legais, realizou-se em triplicata, a contagem dos microrganismos preconizados na IN 161/2022 (BRASIL, 2022) em cinco amostras por lote (n=5) (Tabela 4).

Tabela 4: Resultados das análises microbiológicas para os tratamentos *sous vide* empregados

Microrganismos	Tratamentos térmicos		IN 161/2022*		
	Padrão Indústria	Padrão legislação	c	m	M
<i>Clostridium perfringens</i> (UFC/g)	<1,0 x 10 ¹	<1,0 x 10 ¹	1	10 ²	5 x 10 ²
Enterotoxina <i>estafilocócica</i> ng/g	Ausência	Ausência	0	Ausência	-
<i>Escherichia coli</i> (UFC/g)	<1,0 x 10 ¹	<1,0 x 10 ¹	2	10	20
<i>Estafilococos coagulase positiva</i> (UFC/g)	<1,0 x 10 ¹	<1,0 x 10 ¹	2	10 ²	10 ³
<i>Listéria monocytogenes</i> (UFC/25g)	Ausência	Ausência	0	10 ²	
<i>Salmonella spp.</i> (UFC/25g)	Ausência	Ausência	0	Ausência	-

dos

Fonte: Autoria própria.

Observou-se que independente do tratamento térmico aplicado, os produtos atenderam aos requisitos legais preconizados pela legislação, confirmando a eficácia do método no controle microbiano, garantindo a produção de alimentos seguros.

O controle microbiano no *sous vide* é realizado pela combinação do vácuo, que reduz a disponibilidade de oxigênio e limita o crescimento de microrganismos aeróbicos, e das condições térmicas que promovem a inativação de patógenos e microrganismos deteriorantes. Segundo Baldwin (2012), “o processo *sous vide* permite atingir a pasteurização de alimentos com precisão, garantindo a destruição de microrganismos como *Listeria monocytogenes*, *Escherichia coli* e *Salmonella spp.*, enquanto minimiza os impactos na textura, sabor e cor dos produtos”.

Portanto, o *sous vide* é uma técnica eficiente que alia qualidade sensorial à segurança microbiológica, desde que seja aplicada com controle rigoroso de tempo, temperatura e armazenamento. Resultado semelhante ao citado, foi apresentado por Jeong e colaboradores (2018), onde nenhum crescimento microbiano foi encontrado após o tratamento térmico em peças de presuntos submetidos ao tratamento *sous vide* em diferentes tempos, temperaturas e graus de vácuo.

5.1.3 Análises físico-químicas

Os resultados das análises físico-químicas realizadas no Tornado de filé mignon bovino *sous vide*, cozidos nas duas diferentes combinações de temperatura e tempo encontram-se apresentados na Tabela 5.

Tabela 5: Valores médios de atividade de água, pH, perda por cozimento e cor (L*, a*, b*) interna e externa e força de cisalhamento do Tornado de filé mignon bovino cozido em *sous vide*

Tratamentos	Aw	pH	Perda por cozimento (g)	Cor externa			Cor interna			Força de cisalhamento
				L	a	b	L	a	b	
Padrão indústria	0,98 ^a	5,86 ^a	35,26 ^a	41,96 ^a	11,16 ^a	12,93 ^a	51,27 ^a	22,65 ^a	15,63 ^a	24,71 ^a
Padrão legislação	0,98 ^a	6,10 ^b	39,02 ^a	44,09 ^a	10,95 ^a	13,54 ^a	53,86 ^a	17,28 ^a	16,26 ^a	22,21 ^a

Fonte: Autoria própria

Médias seguidas de mesma letra minúsculas-na coluna; não diferem entre si pelo teste de Tukey (p<0,05).
Padrão indústria 58°C / 32 min; Convencional: 72°C no centro.

Não foi verificado diferença significativa nos parâmetros de Aw, Perda por cozimento, cor interna e externa e força de cisalhamento nos produtos processados nas temperaturas de 58 °C/32 min (Padrão indústria) e 72 °C no centro geométrico (Padrão Legislação), entretanto verificou-se efeito significativo dos tratamentos sob o valor de pH dos produtos, indicando aumento do mesmo com o aumento da temperatura empregada, o que pode ter sido ocasionado pela maior degradação de proteínas e liberação de aminoácido, nestes produtos.

Em contraste com os resultados deste estudo, o pH das costelas bovinas *sous vide* processadas por Biyikli *et al.* (2020) não variou (p > 0,05) com os binômios temperatura/tempo utilizados (70 °C/ 20 e 40 min e 60 °C/ 20 e 40 min), porém, também foram insuficientes para causar alteração na atividade de água das amostras (p > 0,05).

Embora no presente estudo não tenha sido verificado diferença na perda por cozimento dos produtos, pesquisas realizadas por Del Pulgar; Gázquez; Ruiz-Carrascal (2012); Biyikli *et al.* (2020) indicaram aumento na perda por cozimento em temperaturas mais elevadas > 70 °C. No estudo de Ismail *et al.*, 2019, também verificaram que o aumento da temperatura de 45 °C para 65 °C no cozimento de carne bovina *sous vide* conduziu em maior perda de massa.

A cor de costeletas de peru *sous vide* estudadas por Biyikli *et. al* (2020) também não apresentaram variações nos valores de a* e b*, entretanto o valor L* foi afetado significativamente (p < 0,05) a partir de combinações temperatura/tempo maiores realizados.

O aumento na temperatura de cozimento de 58 °C (padrão indústria) para 72 °C (padrão legislação) não resultou em um aumento de metamioglobina como descrito por Ismael *et al.* (2019) ao estudar carne bovina processada por *sous vide*. Ou seja, não foi observado perda do avermelhado e aumento do amarelado de forma significativa no presente estudo. É possível que a oxidação em metamioglobina tenha sido protegida pelo uso de embalagem a vácuo *sous vide*. Assim como no estudo de Sun *et al* (2017), o cozimento *sous vide* também não influenciou significativamente ($p > 0,05$) a cor das amostras de carne bovina.

A textura da carne cozida depende do método cozimento adotado, bem como da força de cisalhamento e solubilidade do colágeno. A variação com os diferentes binômios de temperatura/tempo aplicados não promoveu diferença na força de cisalhamento dos produtos. Até a temperatura de 60 °C, o colágeno desempenha um papel significativo na resistência da carne cozida (Purslow, 2018). No entanto, em temperaturas superiores, a resistência ao cisalhamento é atribuída principalmente às proteínas miofibrilares (Christensen, Purslow e Larsen, 2000). Assim, ao medir a força de cisalhamento em carnes cozidas acima de 70 °C, a dureza observada é predominantemente influenciada pelas proteínas miofibrilares, enquanto a contribuição do colágeno intramuscular torna-se menos relevante (Purslow, 2018).

Em contraste com os resultados deste estudo, Christensen *et al.* (2013) encontraram diminuição da força de cisalhamento de carnes de touros jovens com aumento do tempo de cozimento de 3 para 12 horas e da temperatura (56°C, 58°C e 60°C) e Alahakoon *et al.* (2018) verificaram que os valores de força de cisalhamento para peito bovino *sous vide* a 70 °C/24 horas foram significativamente mais elevados ($p < 0,05$) que os tratados a 65 °C/72 horas e 60 °C/72 horas. Esta diferença pode ser devida aos tempos em que as temperaturas foram mantidas durante o cozimento que foram bem discrepantes ao presente estudo, tendo aumento da solubilidade do colágeno com o aumento do tempo do cozimento.

5.2 Avaliação do efeito dos diferentes tratamentos térmicos no controle de *Salmonella entérica* NCTC® 12023 previamente inoculada nos tornedores de filé mignon, antes dos tratamentos térmicos

Verificou-se que ambos os tratamentos térmicos aplicados promoveram total eliminação da carga microbiana inicial de *Salmonella entérica* NCTC® 12023, na concentração de 10^5 UFC/g, uma vez que os microrganismos previamente inoculados não foram encontrados após tratamento *sous vide*, o que indica a eficiência dos processos avaliados na garantia da segurança microbiológica dos produtos.

Temperaturas menores que as empregadas no presente estudo foram testadas para a eliminação de *Salmonella* sp. em produtos cárneos. Hunt *et al.* (2023), constataram que tratamento *sous vide* com temperaturas de 51,6 °C, promoveu a redução de pelo menos 10⁵ UFC/g *Salmonella* sp em bifes bovinos cozidos. Em bifes cozidos a 54,4 °C observou-se redução de aproximadamente 10⁶ UFC/g na contagem do mesmo microrganismo.

Um estudo desenvolvido por Hernández *et al.* (2020), realizou-se a avaliação da qualidade microbiológica de cortes musculares de pirarucu tratados com *sous vide* no qual observou-se ausência de *Salmonella* spp. e *Clostrídios* sulfito redutores, em temperaturas próximas de 60 °C.

O Departamento de Agricultura dos Estados Unidos por meio do Serviço de Inspeção e Segurança Alimentar, Food Safety and Inspection Service (USDA-FSIS), considera *Salmonella* sp como um indicador de letalidade, pois sua destruição térmica em produtos cozidos indica a destruição da maioria dos outros patógenos.

5.3 Avaliação do efeito dos diferentes tratamentos térmicos no controle de *Escherichia coli* Cepa NCTC NCTC® 12241 (WDCM 00013) previamente inoculada nos tornedores de filé mignon, antes dos tratamentos térmicos

Em relação à efetividade dos tratamentos *sous vide* empregados, na eliminação de *Escherichia coli* Cepa NCTC NCTC® 12241 (WDCM 00013) previamente inoculada nas amostras, observou-se que ambos os tratamentos térmicos empregados promoverem a eliminação da microbiota previamente inoculada na concentração de 10⁵UFC/g, uma vez que os microrganismos previamente inoculados não foram encontrados nos produtos após tratamento *sous vide*.

Vários estudos demonstraram uma redução na contagem microbiana após a aplicação do processamento *sous vide*, mesmo após combinações menos intensas de temperatura/tempo. Grupos microbianos incluindo bactérias aeróbicas mesófilas totais, bactérias psicrotróficas e enterobacteriaceae não foram detectados em filés de peito de frango processados *sous vide* a 60 °C por 60 min e armazenados a 4 °C por 21 dias (Haghighi *et al.*, 2021). A mesma tendência foi observada em bifes de carne bovina para aeróbios totais, bactérias do ácido láctico, *Pseudomonas* sp, *Enterobacteriaceae* e coliformes a uma temperatura de 59 °C por 4 h (Yang *et al.*, 2020).

Estudo realizado por Chang e Han (2020) em carnes de porco, não evidenciaram coliformes em temperaturas de cocção *sous vide*, a 45 °C, 60 °C e 70°C por 0,4,5 e 8 horas.

6 CONCLUSÃO

Os tanques de cozimento, pré-resfriamento e resfriamento utilizados para a produção do Tornado de filé mignon bovino apresentaram distribuição uniforme de temperatura nos quatro pontos avaliados, com aquecimento e resfriamento homogêneos, viabilizando a realização do teste de penetração de calor e frio no produto e segurança nos tratamentos térmicos aplicados.

Ambos os tratamentos térmicos empregados possibilitaram o atendimento ao padrão microbiológico preconizado pela legislação vigente, garantindo a segurança microbiológica dos produtos.

Com exceção do pH, não se verificou diferença nos parâmetros físico-químicos em relação ao processamento empregado.

Na avaliação da eficiência após inoculação microbiana nas amostras, observou-se que ambos foram eficientes na redução de 10^5 UFC/g de *Salmonella entérica* NCTC® 12023 (WDCM 00031) e de 10^5 UFC/g *E. coli* NCTC® 12241 (WDCM 00013), evidenciando a possibilidade do emprego de ambos para o controle destes microrganismos nos produtos.

REFERÊNCIAS

ABALOS, R. A.; NAEF, E.F.; AVILES, M.V.; GOMEZ, M.B. Vacuum impregnation: A methodology for the preparation of a ready-to-eat sweet potato enriched in polyphenols. **LWT – Food Science and Technology**, [Amsterdam], v. 131, Sept. 2020.

ANDREWS, H. W.; WANG, H.; JACOBSON, A.; GE, B.; ZHANG, G.; HAMMACK, T. S. Bacteriological Analytical Manual (BAM). 2020. Disponível: <https://www.fda.gov/food/laboratory-methods-food/bacteriological-analytical-manualbam>. Acesso: 15 Jun. 2023.

A.P.K. Thathsarani, Amali U. Alahakoon, Rumesh Liyanage. Current status and future trends of sous vide processing in meat industry; A review, **Trends in Food Science & Technology**, v. 129, pages 353-363, 2022.

AYUB, H.; AHMAD, A. Physiochemical changes in sous-vide and conventionally cooked meat. **International Journal of Gastronomy and Food Science**, [Amsterdam], v. 17, Oct.2019.

ALAHAKOON, A. U., OEY, I., BREMER, P., & SILCOCK, P. Quality and safety considerations of incorporating post-PEF ageing into the pulsed electric fields and Sous-vide processing chain. **Food and Bioprocess Technology**. 2019.

BALDWIN, D. E. Sous-vide cooking: A review. **International Journal of Gastronomy and Food Science**, [Amsterdam], v. 1, n. 1, p. 15–30, jan. 2012.

BIYIKLI, M., AKOGLU, A., KURHAN, S., & AKOGLU, I. T. Effect of different Sous-vide cooking temperature-time combinations on the physicochemical, microbiological, and sensory properties of Turkey cutlet. **International Journal of Gastronomy and Food Science**, Febr. 2020.

BOUZARI, A.; HOLSTEGE, D.; BARRETT, D. M. Vitamin retention in eight fruits and vegetables: a comparison of refrigerated and frozen storage. **J Agric Food Chem vegetables. J Food Compos.** v.63, n.03, p. 957-962. 2017.

BRASIL. Resolução da diretoria colegiada nº 216, de 15 de setembro de 2004. Disponível em: https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2004/res0216_15_09_2004.html. Acesso em 15 dez 2022.

BRASIL. CNNPA, de 27 de dezembro de 1977 da ANVISA. Disponível em: https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/cnpa/1977/res0038_21_12_1977.html Acesso em 14 dez 2022.

BRASIL, ANVISA. Portaria CVS 5, de 09 de abril de 2013. Regulamento técnico sobre boas práticas para estabelecimentos comerciais de alimentos e para serviços de alimentação. Brasília - DF, 2013.

BOTINESTEAN, C., KEENAN, D. F., KERRY, J. P., & HAMILL, R. M. The effect of thermal treatments including sous-vide, blast freezing and their combinations on beef tenderness of M. semitendinosus steaks targeted at elderly consumers. **LWT – Food Science and Technology**, 74, 154–159. 2016.

CHANG, J. H., & HAN, J. A. Synergistic effect of sous-vide and fruit-extracted enzymes on pork tenderization. **Food Science and Biotechnology**, 29(9), 1213–1222. 2020.

CREA, **Centre de Recherche et D'Estudes pour L'Alimentation**. França, novembro de 2000.

CREA, Culinary, Research & Education Academy. **History of Crea Academy**. United States: 2022.

C. H. PARK, B. LEE, E. Oh, Y. S. KIM, and Y. M. Choi, "Combined effects of sous-vide cooking conditions on meat and sensory quality characteristics of chicken breast meat," **Poult. Sci.**, vol.99, no. 6, pp. 3286–3291, 2020.

CREED, P. G. Sensory and nutritional aspects of sous vide processed foods. Maryland: **Aspe Publishers Inc.** 1998.

CHILLED FOOD ASSOCIATION (CFA), 2006. Best Practice Guidelines for the Production of Chilled Foods 4th edition. **The Stationary Office, UK. 2006.**

CHO, D. K.; LEE, B.; OH, H.; LEE, J. S.; KIM, Y. S.; CHOI, Y. M. Effect of searing process on quality characteristics and storage stability of sous-vide cooked pork patties. **Foods**, 9(8). 2020.

CHOI, Y. M.; GARCIA, L.G.; LEE, K. Correlations of sensory quality characteristics with intramuscular fat content and bundle characteristics in bovine longissimus thoracis muscle. **Food Sci. Anim. Resour.** 39:197–208. 2019.

DOMINGUEZ, H. E.; SALASEVICIENE, A.; ERTBJERG, P. 2018. Low-temperature long-time cooking of meat: eating quality and underlying mechanisms. **Meat Sci.** 143:104–113.

CARLIN, F., NGUYEN. *Escherichia coli* O0157:H7. J. Appl. Microbiol. 85, 231–237. -The, C. Pathogen update: *Bacillus* species. In: Sofos, J. (Ed.), **Advances in microbial food safety** Vol. 1. Woodhead Publishing Ltd, Cambridge, UK, 70–96. 2013.

CREED, P. G. Sensory and nutritional aspects of sous vide processed foods. **Maryland: Aspe Publishers Inc.** 1998.

ELERATE.T.; BADARÓ A.T.; FONTES, E.A. Effects of different types of freezing and thawing of madeira sauce, v. 3, n. 7. 2020.

EUROPEAN CHILLED FOOD FEDERATION (ECFF). Recommendations for the production of prepackaged chilled foods. 2006.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a Guide for its Bootstrap procedures in multiple comparisons. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 38, n.2, p. 109-112, 2014.

FENG, P.; WEAGANT, S. D.; GRANT, M. A.; BURKHARDT, W. Bacteriological Analytical Manual (BAM). 2020. Disponível: <https://www.fda.gov/food/laboratorymethods-food/bacteriological-analytical-manual-bam>. Acesso: 11 jun. 2023.

GIL, M.; RUDY, M.; STANISŁAWCZYK, R.; DUMA-KOCAN, P. Effect of Traditional Cooking and Sous Vide Heat Treatment, Cold Storage Time and Muscle on Physicochemical and Sensory Properties of Beef Meat. *Molecules* 2022, 27, 7307. <https://doi.org/10.3390/molecules27217307>.

International Commission on Microbiological Specifications for Foods (ICMSF). Microorganisms in Foods 5: **Microbiological Specifications of Food Pathogens**. Blackie Academic & Professional, London. 1996.

ISMAIL, I.; HWANG, Y. H.; & JOO, S. T.; BAKHSH, A.; LEE, S.J.; LEE, E.Y.; KIM, C.J. Control of sous-vide physicochemical, sensory, and microbial Properties through the manipulation of cooking temperatures and times. **Meat Science**, [Oxford], v. 188, June 2022.

ISMAIL, I., HWANG, Y. H., & JOO, S. T. Interventions of two-stage thermal sous-vide cooking on the toughness of beef semitendinosus. **Meat Science**, 157(July), Article107882. 2019.

ISMAIL, I.; HWANG, Y. H.; JOO, S. T. Effect of Different Temperature and Time Combinations on Quality Characteristics of Sous-vide Cooked Goat Gluteus Medius and Biceps Femoris. **Food and Bioprocess Technology**, 1 jun. 2019.

HAGHIGHI, H., BELMONTE, A. M., MASINO, F., MINELLI, G., LO FIEGO, D. P., & PULVIRENTI, A. Effect of time and temperature on physicochemical and microbiological properties of sous vide chicken breast fillets. **Applied Sciences**, 11(7). 2021

HUNT, B.C.; WATSON, S.C.; CHAVES, B.D.; SULLIVAN, G.A. Inactivation of Salmonella in nonintact beef during low-temperature sous vide cooking. **Journal of Food Protection** 86. 2023.

HITCHINS, A. D.; JINNEMAN, K.; CHEN, Y. I. Bacteriological Analytical Manual (BAM). 2022. Disponível: <https://www.fda.gov/food/laboratory-methodsfood/bacteriological-analytical-manual-bam>. Acesso: 16 jun. 2023.

HOPKINS, D. L.; MORTIMER, S. I. Effect of genotype, gender and age on sheep meat quality and a case study illustrating integration of knowledge. **Meat Science**, v. 98, n. 3, p. 544–555, 2014.

HUNT, M. C., O. SORHEIM, AND E. SLINDE. Color and heat denaturation of myoglobin forms in ground beef. **J. Food Sci.**64:847–851. 1999.

HUNT, M. C.; SØRHEIM, O.; SLINDE, E. **Color and Heat Denaturation of Myoglobin Forms in Ground Beef**. [s.l: s.n.]. 2022.

JEONG, S. H., KIM, E. C., LEE, D. U. The impact of a consecutive process of pulsed electric field, sous-vide cooking, and reheating on the properties of beef semitendinosus muscle. **Foods**, 9(11), 1–12. 2020.

JI, D. S., KIM, J. H., YOON, D. K., KIM, J. H., LEE, H. J., CHO, W. Y., & LEE, C. H. Effect of different storage-temperature combinations on Longissimus dorsi Quality upon sous-vide processing of frozen/thawed pork. **Food Science of Animal Resources**,39(2), 240–254. 2019.

JEONG K, HYEONBIN O, SHIN SY AND KIM Y-S, Effects of sous-vide method at different temperatures, times and vacuum degrees on the quality, structural, and microbiological properties of pork ham. **Meat Science**, 143: 1–7. 35 Wan J, Cao A. 2018.

JOUNG, K.; HYEONBIN, O.; SHIN, SY.; KIM, Y.S (2018). Effects of the sous-vide method at different temperatures, times and degrees of vacuum on the quality, structural and microbiological properties of pork ham. **Meat Science**, 143, 1–7. 2018.

JUNEJA, V. K.; BARI, M. L.; INATSU, Y.; KAWAMOTO, S.; FRIEDMAN, M. Thermal destruction of Escherichia coli O157:H7 in sous-vide cooked ground beef as affected by tea leaf and apple skin powders. **Journal of Food Protection**, 72, 860–865. 2009.

KACHANI, A.T.; CASTRO, A.C.; FISBERG, M. The Effect of Homemade Freezing and Microwaves Processing in Vitamins and Mineral Contents: reviewing the use of microwaveand freezing). **International Journal of Nutrology**. v.11, n.3, p.1-4, 2018.

KATHURIA, D.; DHIMAN, A. K.; ATTRI, S. **Sous vide, a culinary technique for improving quality of food products: A review.** *Trends in Food Science and Technology* Elsevier Ltda, 1 jan. 2022.

KARPINSKA, T.M.; DRASZANOWSKA, A.; DANOWSKA, O. M.; KURP, L. The effect of low-temperature thermal processing on the quality of Chicken breast fillets. *Food Science and Technology International*, 26(7), 563–573. 2020.

KARYOTIS, D.; SKANDAMIS, P. N.; & JUNEJA, V. K. Thermal inactivation of *Listeria monocytogenes* and *Salmonella* spp. in sous-vide processed marinated chicken breast. *Food Research International*, 100, 894-898. 2017.

KERDPIBOON, S.; SURAPHANTAPISIT, N.; PONGPAEW, P.; SRIKALONG, P. (2019). Properties changes of chicken breast during sous-vide cooking and acceptance for elderly. *Chiang Mai University Journal of Natural Sciences*, 18(2), 156–166. 2019.

KIM, Y. A.; VAN BA, H.; HWANG, I. Effects of traditional sauce type and storage time on quality characteristics, shelf-life and flavor compounds of marinated pork cooked by Sous-vide method. *Food Science of Animal Resources*, 39(3), 355–370. 2019.

KING, N. J.; WHYTE, R. 2006. Does it look cooked. A review of factors that influence cooked meat color. *J. Food Science*. 71:R31–R40. 2006.

LEISTNER, L. Basic aspects of food preservation by hurdle technology. *International Journal of Food Microbiology*, 55, 2000.

LEISTNER, L.; GORRIS, L. G. M. Food preservation by hurdle technology. *Trends in Food Science & Technology*, v 6, 1995.

LEISTNER, L.; GOULD, G. W. **Hurdle technologies: combination treatments for food stability, safety and quality.** London: Kluwer Academic/Plenum Publishers. 2002.

LATOCH, A.; LIBERA, J. Quality and safety of pork steak marinated in fermented dairy products and sous-vide cooked. *Sustainability*, 11(20), 9–11. 2019.

LATOCH, A. Effect of meat marinating in kefir, yoghurt and buttermilk on the texture and color of pork steaks cooked sous-vide. *Annals of Agricultural Science*, 65 (2), 129–136. 2020.

LI H.; GANZLE, M. Some like it hot: heat resistance of *Escherichia coli* in food. *Front Microbiol* 7:1763. 2016.

LUND, B.M.; BAIRD-PARKER, T.C.; GOULD, G.W. The Microbiological Safety and Quality of Food. **Aspen, Maryland**. 2000.

MIGUEL, G.; JUNEJA, V.K.; VALENZUELA, M. M.; DÍAZ, C.M. Thippareddi H and Aida Peña-Ramos. E. *Clostridium perfringens* growth from spore inocula in sous-vide processed pork-based Mexican entrée. *J Food Science* 74:M172–M176. 2009.

O, OLATUNDE.; S, BENJAKUL. "Sous-vide cooking as a systematic approach for Quality maintenance and shelf-life extension of crab lump meat," **Lwt**, vol. 142. January, 2021.

ORTUNO, J.; MATEO, L.; RODRÍGUEZ, E.M.; T, BANON, S. Effects of Sous-vide vs grilling methods on lamb meat colour and lipid stability during cooking and heated display. **Meat Science**, 171(August 2020), Article 108287. 2021.

OZ, F., & ZIKIROV, E. The effects of sous-vide cooking method on the formation of heterocyclic aromatic amines in beef chops. **LWT-Food Science and Technology**, 64(1), 120-125. 2015.

PARANHOS, T. L. Carne Embalada A Vácuo: Conservação, Deterioração E Microrganismos Contaminantes. Neoprospecta, mar 12, Food Safety, Microbiologia. 2019.

PARK, C. H., LEE, B., OH, E., KIM, Y. S., & CHOI, Y. M. Combined effects of sous-vide cooking conditions on meat and sensory quality characteristics of chicken breast meat. **Poultry Science**, 99(6), 3286–3291. 2020.

PECK, MW.; GOODBURN, KE.; BETTS, P.; STRINGER, SC. Assessment of the potential for growth and neurotoxin formation by non-proteolytic *Clostridium botulinum* in short shelf-life commercial foods designed to be stored chilled. **Trends Food Sci. Technol.** 19 (4), 207–216. 2008.

PINO-HERNÁNDEZ, C. J. R.N.; ALVES R.C.B.; JOELE M.R.S.P.; SILVA, E.V.C. Evaluation of muscle cuts of pirarucu (*Arapaima gigas*) and sous vide product characterization and quality parameters. **Int J Gastronomy Food Science**. 20:100200. 2020.

PRZYBYLSKI, W.; JAWORSKA, D.; KAJAK-SIEMASZKO, K.; SALEK, P.; PAKULA, K. Effect of heat treatment by the sous-vide method on the quality of poultry meat. **Foods**, 10 (7). 2020.

RAMOS, E. M.; GOMIDE, L. A. M. Avaliação da Qualidade de Carnes: Fundamentos e Metodologias. 599p. Viçosa: UFV. 2007.

RHODEHAMEL, E. J.; HARMON, S.M. Bacteriological Analytical Manual (BAM). 2021. Disponível: <https://www.fda.gov/food/laboratory-methods-food/bam-chapter-16-clostridium-perfringens>. Acesso: 16 jun. 2023.

ROLDAN, M.; ANTEQUERA, T.; PÉREZ-PALACIOS, T.; RUIZ, J. Efeito da adição de fosfato e tipo de cozimento nas características físico-químicas e sensoriais de lombos de cordeiro cozidos. **Meat Science**, 97(1), 69–75. 2014.

RONDANELLI, M.; DAGLIA, M.; MENEGHINI, S.; DI LORENZO, A.; PERONI, G.; FALIVA, M.A.; PERNA, S. Nutritional advantages of sous-vide cooking compared to boiling on cereals and legumes: Determination of ashes and metals content in ready-to-eat products. **Food Science & Nutrition**, [Hoboken], v. 5, n. 3, p. 827–833, Mar 2017.

RUIZ-CARRASCAL, J.; ROLDAN, M.; REFOLIO, F.; PEREZ-PALACIOS, T., & ANTEQUERA, T. Sous-vide cooking of meat: A maillarized approach. **International Journal of Gastronomy and Food Science**, 16, Article 100138. 2019.

RUIZ, J.; CALVARRO, J.; PULGAR, J. S. DEL.; ROLDAN, M. (2013). Science and technology for new culinary techniques. **Journal of Culinary Science & Technology**, 11(1), 66–79. 2013.

SAITO, K.; YOSHINARI, M.; ISHIKAWA, S. I. Effects of low-temperature long-time sous-vide cooking on the physicochemical and sensory characteristics of beef and pork shank. **Journal of Culinary Science & Technology**, 20(2), 165–179. 2020.

SILVA, F. A. P.; FERREIRA, V. C. S., MADRUGA, M. S., & ESTEVEZ, M. Effect of the cooking method (grilling, roasting, frying and sous-vide) on the oxidation of thiols, tryptophan, alkaline amino acids and protein cross-linking in jerky chicken. **Journal of Food Science & Technology**, 53(8), 3137–3146. 2016.

SONCU, E.D.; HASKARACA, G.; KOLSARICI, N. Microbiological, physical-chemical and sensory characteristics of the sous vide “doner”. International Congress of Meat Science and Technology. 2016.

SC STRINGER.; A. METRIS. Predicting bacterial behaviour in sous vide food. **International Journal Gastronomy and Food Science**. v13 117–128. 2018.

TALLENT, S.; BENNETT, R. W.; HAIT, J. M. Bacteriological Analytical Manual (BAM). 2022. Disponível: <https://www.fda.gov/food/laboratory-methodsfood/bacteriological-analytical-manual-bam>. Acesso: 17 jun. 2023.

TALLENT, S.; KNOLHOFF, A.; RHODEHAMEL, E. J.; HARMON, S.M. Bacteriological Analytical Manual (BAM). 2021. Disponível: <https://www.fda.gov/food/laboratory-methods-food/bam-chapter-14-bacillus-cereus>. Acesso: 16 jun. 2023.

TERRA, N. N.; BRUM, M. A. R. Carne e seus Derivados: técnicas de controle de qualidade. São Paulo: **Nobel**. 121p. 1988.

THATHSARANI, A. P. K.; ALAHAKOON, A. U.; LIYANAGE, R. **Current status and future trends of sous vide processing in meat industry; A review**. **Trends in Food Science and Technology** Elsevier Ltda. 1 nov. 2022.

THOMAS, R.; ANJANEYULU, A. S. R.; KONDAIAH, N. Development of shelf stable pork sausages using hurdle technology and their quality at ambient temperature (37± 1 oC) storage. **Meat Science**, 79, 2008.

U.S.D.Aa - Department of Agriculture, Food Safety and Inspection Service (2021). FSIS Cooking Guideline for Meat and Poultry Products (Revised Appendix A). Available at: <https://www.fsis.usda.gov/guidelines/2021-0014>.

U.S.D.Ab - Department of Agriculture, Food Safety and Inspection Service (2021). FSIS Cooking Guideline for Meat and Poultry Products (Revised Appendix B). Available at: <https://www.fsis.usda.gov/guidelines/2021-0014>.

VAN ASSELT, E.D.; ZWIETERING, M.H. A systematic approach to determine global thermal inactivation parameters for various food pathogens. **Int. J. Food Microbiol.** 107 (1), 73–82. 2006.

VILAS BOAS B.M.; GONÇALVES G. A. S.; ALVES J. A. Qualidade de pequis fatiados e inteiros submetidos ao congelamento. **Cienc. Rural Food Marketing Institute**, v.42, n.5, p. 904-910, 2012.

WANG, S.; CHANG, M.; CHEN, T. (2004). Shelf-life and microbiological profiler of chicken wing products following sous vide treatment. **International Journal of Poultry Science**, 3, 326–332.

YANG, X.; WANG, H.; BADONI, M.; ZAWADSKI, S.; MCLEOD, B.; HOLMAN, D.; UTTARO, B. Effects of a new three-step sous-vide cooking and subsequent refrigerated storage on the microbiota of beef steaks. **Meat Science**. 2020.

YANG, X.; WANG, H.; BADONI, M.; ZAWADSKI, S.; MCLEOD, B.; HOLMAN, D., UTTARO, B. Effects of a novel three-step sous-vide cooking and subsequent chilled storage on the microbiota of beef steaks. **Meat Science**, 159. 2020.

YANG, F.; LEE, C. H.; JEON, M. Y.; CHO, W. Y.; & SEO, H. G. The physicochemical and sensory properties of whey-fed pork loin after salting, dry aging, and Sous-vide cooking. **Journal of Chemistry**. 2021.

ZAVADLAV, S.; BLAŽIĆ, M, V.V.D.; VIGNATTI, C.; FENOGLIO, C.; PIAGENTINI.; A.M. Sous-vide as a technique for preparing healthy and high-quality vegetable and seafood products. **Foods** 9:1537. 2020.

ZI-XUAN, W.; DE-YANG L.I.; MIAO, S.; ZI-YE, W.; ZI-WEI, W.; YU-XIN, L.; YAN-HONG, B.; DA-YONG, Z. Effect of different *sous-vide* cooking conditions on textural properties, protein physiochemical properties and microstructure of scallop (*Argopecten irradians*) adductor muscle. **Food Chemistry**. v.394, p.1-11, 2022.