

VALIDAÇÃO TÉRMICA E SUAS CARACTERÍSTICAS NA CARNE BOVINA PARA A INDÚSTRIA ALIMENTÍCIA

TOLEDO, Gabrielly Felten¹
LARSEN, Sarah Felícitas²
MIOTTA, Katia³

RESUMO

Este estudo investigou a eficiência do processo de cocção em autoclave para garantir a eliminação de patógenos, como *Salmonella* e *Escherichia coli*, em produtos de origem animal. Os *iButtons*, foram protegidos e envolvidos em polietileno, foram utilizados para monitorar as variações de temperatura no núcleo das amostras, revelando que o pico de 124° C foi mantido por 19 minutos, conforme o controle térmico exigido. Os resultados atendem a regulamentação IN 161/2022, assegurando a inatividade dos patógenos nas amostras de carne bovina e suína. As análises microbiológicas validaram a eliminação completa desses patógenos nas amostras tratadas termicamente. A eficiência do processo de cocção foi destacada pela homogeneidade da distribuição de calor e pela precisão dos *iButtons*, reforçando o uso da autoclave como uma solução eficaz para o controle microbiológico em carnes processadas.

PALAVRAS-CHAVE: *Salmonella*, *Escherichia coli*, autoclave, *iButtons*, controle microbiológico, processo térmico, segurança alimentar, cocção.

1. INTRODUÇÃO

A validação térmica no cozimento em autoclave de músculo bovino, é essencial para garantir a segurança alimentar e a qualidade do produto. Esse processo, assegura a eliminação de microrganismos patogênicos, como *Salmonella* e *Escherichia coli*, sem comprometer as propriedades sensoriais e nutricionais da carne.

Sabendo que a carne bovina é uma das principais refeições na mesa do brasileiro. Uma alimentação rica em proteínas, muitas vezes é associado ao consumo de produtos de origem animal, principalmente carnes vermelhas. O consumo diário de proteínas recomendado para homens e mulheres é em média 45 e 55g, respectivamente, sendo assim, duas porções de carne por dia. Além de desempenhar um importante papel na manutenção da saúde muscular e no suporte ao sistema imunológico. Contendo uma vasta gama de nutrientes, como ferro, zinco e vitaminas do complexo B, especialmente a B12, sendo cruciais para o adequado funcionamento do sistema imunológico e nervoso (VIANA, 2022).

Essas informações demonstram que a pesquisa nessa área é crucial, para desenvolver protocolos de processamento padronizados, cumprindo regulamentações sanitárias e melhorando a eficiência industrial. A pesquisa teve como objetivo crucial a validação do método de cocção, para garantia da qualidade final do produto. Além disso, otimizando o uso de energia e reduz custos operacionais.

¹ Aluna do oitavo período de Medicina Veterinária Do centro universitário FAG. E-mail: gaby.f.toledo@hotmail.com

² Médica Veterinária e Zootecnista, Docente do curso de Medicina Veterinária. E-mail: sarah.larsen@gmail.com.br

³ Médica Veterinária. E-mail: katiamiotta02@gmail.com

Portanto, validar as condições térmicas ideais no cozimento em autoclave, promove avanços na segurança e qualidade da carne bovina, beneficiando tanto a indústria quanto os consumidores.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 PROCESSOS TÉRMICOS EM ALIMENTOS

Os processos térmicos, são métodos amplamente utilizados na indústria alimentícia para garantir a segurança e a preservação dos alimentos. Entre estes processos, o cozimento em autoclave, destaca-se pela sua eficácia na esterilização, utilizando vapor pressurizado para destruir microrganismos patogênicos e enzimas deteriorantes. Esse método, é particularmente relevante para produtos cárneos, como o músculo bovino, devido a sua capacidade de penetrar profundamente na matriz alimentar, assegurando uma distribuição uniforme do calor (RINALDI, CHIVARO, MASSINI, 2010).

Tendo o intuito de aumentar a vida útil dos alimentos processados, inativar microrganismos, e assegurar a boa qualidade sensorial do produto final, o processo térmico, é um dos meios de conservação mais utilizado, devido a sua facilidade de uso e baixo custo, em comparação aos outros meios de conservação. No processamento dos alimentos, os principais fatores a serem considerados e analisados são os métodos de cocção (ORSOLIN *et al.*, 2015, TADINI *et al.*, 2016).

2.3 VALIDAÇÃO TÉRMICA

A validação térmica, é o processo de assegurar um tratamento térmico específico, seja eficaz na eliminação de microrganismos patogênicos sem comprometer a qualidade do produto. Este processo, envolve a aplicação de princípios científicos e estatísticos, para determinar os parâmetros ótimos de processamento, como tempo e temperatura. A validação é essencial, para desenvolver protocolos de processamento confiáveis e cumprir com as regulamentações de segurança alimentar. (FOODSAFETYBRAZIL, 2016).

Para validar um procedimento térmico, é necessário parâmetros pré-estabelecidos estejam disponíveis, permitindo que sejam utilizados como referência durante a verificação e validação do processo. É de suma importância, o conhecimento para qual microrganismo deseja inativar, levando em conta a porção microbiológica do alimento, além das características físico-químicas (SANTOS FILHO; PENNA, 2003).

Os métodos de validação, incluem estudos microbiológicos laboratoriais, que envolvem a inoculação de microrganismos específicos no produto e a avaliação da sua sobrevivência, após o tratamento térmico. (BERTELI; BERTO; VITALI, 2013)

2.4 PROCESSO DE ESTERILIZAÇÃO POR AUTOCLAVE

Para garantir um processo de esterilização eficaz, a qualificação da instalação e dos equipamentos do processo. Um programa de qualificação da autoclave, deve ser estabelecido para demonstrar que o equipamento é capaz de ser operado rotineiramente, nos padrões específicos. A qualificação operacional, refere-se a verificação do equipamento, vendo assim, se é operável ou não. Estabelece a condição de operação regular, como: distribuição de calor na câmara vazia e pressão na câmara interna. Realizando a investigação dos controles das variáveis do processo e treinamento dos colaboradores (VERSONI, 1997)

O processo de esterilização ocorre em autoclaves, que podem ser estáticos verticais ou horizontais, no qual, o produto é colocado em carros, permanecendo durante o processo de esterilização. Rotativos, quando o produto é submetido a um movimento de rotação durante o processo de esterilização, além do contínuo, dos quais, o produto entra e sai automaticamente da câmara de esterilização (RINALDI; CHIAVARO; MASSINI, 2010).

2.4.1 Princípios do cozimento em autoclave

O cozimento em autoclave, baseia-se na aplicação de altas temperaturas e pressão elevada, por um período de tempo estipulado. Esse método é eficiente na inativação de microrganismos termorresistentes, como os esporos de *Escherichia coli* e *Salmonella spp.*, garantindo a segurança microbiológica dos alimentos. Segundo Roça (2000), o uso de autoclave permite a destruição de qualquer microrganismo presente nos alimentos, prevenindo suas interferências e prolongando a vida de prateleira, além de, ser essencial para o cozimento adequado dos produtos. Os limites críticos para o processamento térmico, incluem configurações específicas de tempo e temperatura, que variam de acordo com a matéria-prima para promover a esterilização eficaz do produto.

A autoclave horizontal, por exemplo, possui capacidade para processar uma quantidade significativa de carne, distribuída em formas que permitem uma esterilização uniforme. Fischer (2013), destaca uma grande preocupação de saúde pública em relação à presença da toxina botulínica, produzida por *Clostridium botulinum*, em alimentos. Esse autor sugere que, embora o tempo necessário para a esterilização de produtos cárneos possa ser longo, potencialmente prejudicando suas

características organolépticas, ele pode ser reduzido com o aumento da temperatura de esterilização, geralmente variando entre 115 e 125 °C, sob pressão de vapor.

As autoclaves são recipientes fechados, similares a panelas de pressão domésticas, que permitem que o conteúdo alcance temperaturas superiores a 100 °C sob pressão. Elas podem ser de operação fixa ou descontínua, e apresentarem formatos verticais ou horizontais, conforme a Figura 1. Para assegurar um processo de esterilização eficiente, é crucial monitorar constantemente os registros de tempo, temperatura e pressão durante o tratamento térmico. Além disso, a manutenção regular dos aparelhos utilizados, como medições e manômetros, é fundamental, já que a eficiência do processamento depende diretamente da relação precisa entre tempo e temperatura (ALVES, 2005).

Figura 1 – Disposição de formas e carrinhos no interior da autoclave.

AUTOCLAVE					
	CARRINHO 01		CARRINHO 02		CARRINHO 03
F o r m a s	1	F o r m a s	1	F o r m a s	1
	2		2		2
	3		3		3
	4		4		4
	5		5		5
	6		6		6
	7		7		7
	Fundo autoclave		Meio Autoclave		Saída Autoclave

Fonte: Arquivo pessoal (2024).

Gava (2009), aponta que a velocidade de transferência de calor, da periferia até o centro das formas, é influenciada pelo tipo de material da embalagem. O autor também observa que, temperaturas mais elevadas e tempos de tratamento mais longos, melhoram a eficácia da esterilização. A temperatura inicial do produto ao entrar no tratamento térmico, é outro fator que pode influenciar o resultado do processo.

2.5 QUALIDADE SENSORIAL E NUTRICIONAL

A qualidade sensorial inclui atributos como o sabor, aroma, textura e aparência, enquanto a qualidade nutricional refere-se ao valor nutritivo do alimento, incluindo a retenção de vitaminas minerais e proteínas. A validação térmica deve assegurar as condições de cozimento em autoclave para que não degradem significativamente esses atributos, sendo componentes cruciais na validação do processo (OLIVEIRA, 2018).

Como cita, Gobert *et al.*, (2014), do ponto de vista nutricional, a carne é uma excelente fonte de aminoácidos, de alguns minerais, vitaminas e ácidos graxos essenciais. Mesmo em relação ao seu papel nutricional previamente conhecido, a carne é um alimento extremamente nutritivo que possui elevada densidade energética e nutricional, elevando a absorção de minerais e contribuindo com a absorção de ácidos graxos essenciais de ação metabólica (MATAIX, 2013).

Os principais constituintes da carne com interesse nutricional são a gordura, vitaminas, minerais e proteínas. Dentre as vitaminas e minerais, destacam-se a vitamina B12 (cobalamina), a niacina e a riboflavina (vitamina B2), o ferro e o zinco (YOUNG *et al.*, 2013). Assim, existe a possibilidade de restrição de carne na dieta, com o objetivo de reduzir o consumo de gordura saturada, podendo contribuir significativamente para o desencadeamento de alterações fisiológicas maléficas ao organismo humano (MEDEIROS, 2018). Além disso, o estilo de vida e a dieta destacam-se como facilitadores ou promotores de doenças comumente observadas em todo o mundo (obesidade, diabetes mellitus, câncer e hipertensão arterial), sendo relacionados principalmente às mudanças observadas no padrão alimentar que incluem o aumento do consumo de ácidos graxos saturados, açúcares e refrigerantes, além de alimentos industrializados e a redução no consumo de carboidratos tipo polissacarídeos e integrais, frutas, legumes e verduras (CAMPOS, 2013).

Em termos nutricionais, a carne representa fonte muito rica de proteínas de alto valor biológico, o que significa ser nutricionalmente completa por conter aminoácidos essenciais. Lembramos que as proteínas são consideradas construtoras do organismo e estão presentes em quase todos os tecidos e fluídos corporais. Assim, a maior riqueza nutricional da carne são seus aminoácidos, que têm de 95% a 100% de aproveitamento no corpo humano, o que gera um equilíbrio nutricional bastante significativo (MEDEIROS, 2018)

Neste sentido, Corpet (2011), citou diversos estudos dos quais correlacionaram a ingestão de carne com a incidência de câncer em humanos e concluíram que o fator mais importante não foi a ingestão de carne, mas sim, a baixa ingestão concomitante de alimentos vegetais. Dessa maneira não há razões suficientes e claras para recomendar a redução no consumo de carne, considerando que estas são fontes de diversos nutrientes essenciais. No entanto, se faz necessário recomendar e estimular a ingestão de frutas, vegetais e cereais integrais em conjunto com consumo consciente de carnes magras (CAMPOS, 2013).

Para o Regulamento de Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal (RIISPOA), carnes são “massas musculares maturadas e demais tecidos que acompanham, incluindo ou não a massa óssea correspondente, que procede de animais abatidos sob inspeção veterinária”. O regulamento as classifica em carne vermelha (bovina, suína e ovina), aves (frango, peru, pato, codorna, etc.), pescados (peixe, lagosta, camarão, ostra, etc.) e de caça (animais não

domésticos). Observamos, assim, que o conceito de carne faz referência de forma geral às partes comestíveis dos animais comíveis – mamíferos, aves, peixes, moluscos, crustáceos, répteis, batráquios, quelônios, insetos.

Fica clara a importância do consumo de carne vermelha para o crescimento e a saúde humana. Seu consumo deve ser aliado a uma dieta balanceada e hábitos de vida saudáveis para que o bem estar e a qualidade de vida sejam maximizadas (CORPET, 2011).

2.6 MICRORGANISMOS DE INTERESSE

Entre os principais microrganismos de interesse na carne bovina, podemos citar a *Escherichia coli*, *Salmonella spp.* Esses patógenos representam um risco significativo para a saúde pública, podendo causar doenças graves. A validação térmica, visa garantir que, as condições de processamento sejam suficientes para inativar esses microrganismos, garantindo assim, a segurança do produto. A *Salmonella spp.*, é conhecida por ser um microrganismo patogênico mais frequente nos alimentos, esse patógeno, por sua ausência apresentar um padrão microbiológico seguro (VON RUCKERT *et al.*, 2009).

Sendo uma bactéria em forma de bastonete, Gram-negativa, não formadora de esporos, que pertence à família *Enterobacteriaceae*. É um anaeróbio facultativo, que produz ácido e gás a partir da glicose, tendo como temperatura ótima de crescimento 37° C. Além disso, o gênero *Salmonella*, é composto por duas espécies *S. entérica* e *S. bongori*, como visto por , (MONTVILLE E MATTHEWS 2005).

D'Aoust (2001), descreveu o agente, como tendo a capacidade de sobreviver e se adaptar a condições extremas, como baixos níveis de nutrientes e um amplo espectro de temperaturas e valores de PH, podendo crescer em temperatura elevada de até 54° C, Podolak (2010), ainda diz que embora a literatura indique que as salmonelas são sensíveis ao calor, alguns estudos tem mostrado a sua resistência a temperatura maior que 50° C. Sendo distribuídas em todo o mundo, e associadas a uma ampla variedade de alimentos, tendo como principal local o trato intestinal de humanos e animais, embora possam ser encontradas em outras partes dos animais. Devido aos seus reservatórios e a pecuária intensiva, podendo se espalhar facilmente e estar presente em uma variedade de ambientes, sendo frequentemente relatados em produtos frescos, ovos, e produtos cárneos (BELL, 2002).

O gênero *Escherichia*, que foi nomeado em homenagem ao pediatra alemão Theodor Escherich, consiste em bacilos Gram-negativos anaeróbios facultativos, que pertencem a família *Enterobacteriaceae*. Sendo amplamente distribuída, constituindo o principal anaeróbio facultativo que habita o intestino grosso de humanos e animais.

A maioria das cepas de *Escherichia coli* vive inofensivamente nos intestinos e raramente causa doenças em indivíduos saudáveis. No entanto, o agente possui cepas patogênicas que podem causar diarreia ou doenças extra intestinais, tanto em indivíduos saudáveis, quanto nos imunocomprometidos. As doenças diarreicas, são um grave problema de saúde pública e uma das principais causas de alta morbidade e mortalidade em bebês e crianças pequenas.

Para a contaminação em produtos cárneos alimentícios, ocorre por água contaminada, manipulação dos alimentos, superfícies e equipamentos contaminados, esse fator pode ocorrer pela falta das boas práticas de fabricação, má higienização dos equipamentos. A contaminação em produtos cárneos foi identificada como fontes de contágio, ocorrendo durante o abate, e a falha nas medidas de intervenção pode resultar na transferência de microrganismos para carnes processadas, tipicamente indicada pela falta de boas práticas de fabricação (ABDUNASER *et al.* 2009). Aliado com o consumo de alimentos, cresceu a exigência dos consumidores, o que tornou necessário uma nova postura do produtor para satisfazer os mercados. Tornando o mercado criterioso quanto a qualidade do produto final (RIBAS, 2013 *apud* RIBAS e RIBEIRO, 2021). Portanto, entre os sistemas utilizados para a implantação da qualidade, uma das ferramentas para se obter o padrão de qualidade na produção de alimentos é a implementação do método citado acima, Boas Práticas de Fabricação (BPF's) que formam a base da gestão de segurança e qualidade de uma indústria.

Portando, como cita Ribas e Ribeiro (2021), a qualidade a ser perseguida pela indústria de alimentos vai além das características organolépticas do produto, pois visa como um dos principais requisitos preservar a saúde dos consumidores. Para garantir a qualidade, é fundamental que nas indústrias, o ambiente de produção seja o mais adequado possível para que não ocorra contaminações por meio físico, químico ou biológico. Segundo Ribas e Ribeiro (2021), as BPFs são compostas por requisitos de quatro grupos distintos, são eles: manipuladores de alimentos, ambiente, manipulação segura de alimentos e por último, processos de controle e garantia da qualidade de alimentos. O primeiro deles, relacionado aos manipuladores de alimentos, referem-se aos comportamentos adequados nos processos de fabricação, bem como as normas de higiene e saúde a serem atendidas. Com relação aos ambientes de manipulação, estes envolvem a localização do estabelecimento e a estrutura utilizada nos processos de fabricação. Os critérios para aquisição de matérias-primas, suas condições de armazenamento, pré-preparo, preparo e cuidados pós-preparo estão relacionados aos requisitos de manipulação

2.7 PROTOCOLOS DE PROCESSAMENTO

Desenvolver protocolos de processamento, envolve a definição de parâmetros de tempo e temperatura, além de, procedimentos operacionais padrão para garantir a consistência e segurança do produto final. Esses protocolos devem ser baseados em dados e ajustados conforme a necessidade, como os diferentes tipos de produtos e as condições de processamento (SILVA e GIBBS, 2011).

2.8 REGULAMENTAÇÃO E NORMAS DE SEGURANÇA ALIMENTAR

As regulamentações de segurança alimentar, como as estabelecidas pela FDA (*Food and Drug Administration*) e pela EFSA (*European Food Safety Authority*), exigem que os processos térmicos sejam validados para garantir a eliminação dos patógenos. A conformidade com essas normas é essencial para a comercialização dos produtos e para a proteção da saúde pública (GIL, 2009).

A segurança do alimento, é de suma importância para a sua comercialização, visto que, se esta não for assegurada pelo fabricante, o alimento além de apresentar uma menor vida de prateleira, e provocar alterações no produto como a perda de textura, cor, mudanças no sabor bem como o odor, podem causar doenças ao consumidor, devido a proliferação de microrganismos patogênicos. Ainda de acordo com Brumatti (2019), se torna de suma importância que o alimento passe por um processo térmico eficiente e seguro, garantindo que os microrganismos patogênicos sejam inativos e não causem danos ao consumidor final. A legislação vigente passa a ser a IN 161/2022 segundo a biblioteca de alimentos. A instrução normativa visa estabelecer os padrões microbiológicos dos alimentos, sendo os principais componentes: O alimento, o ponto específico da cadeia em que este padrão é aplicável, o microrganismo, seus limites microbiológicos e o plano de amostragem. Garantindo assim a melhor qualidade e padronização do alimento.

2.9 IMPACTO NA INDÚSTRIA ALIMENTÍCIA

A implementação de processos validados e regulamentados, pode aumentar a confiança do consumidor e abrir novos mercados para produtos cárneos processados. Além disso, a eficiência e a padronização dos processos podem resultar na redução dos custos e otimização da produção (SANTOS, 2017).

Ainda, o cozimento por alta temperatura e pressão, também contribuem para aumentar a vida de prateleira dos produtos cárneos, ao eliminar esporos bacterianos resistentes e inibir o crescimento

de microrganismos deteriorantes. Silva e Gibbs (2009), discutem sobre como o processamento térmico, incluindo o uso de autoclaves, é fundamental para a conservação dos alimentos.

Segundo Righetti (2012), a qualificação operacional do equipamento consiste em verificar o funcionamento confiável, deve ainda se basear em testes de controles, funções de monitoramento, indicadores de operação, integridade da câmara para manutenção da pressão além da manutenção do vácuo. Sendo também imprescindível um operador muito bem treinado e qualificado. A remoção eficiente da câmara de autoclave é essencial para evitar a formação de pontos frios, que podem comprometer o processo de esterilização. Nas autoclaves de deslocamento gravitacional, o vapor empurra o ar para fora de forma mais lenta, enquanto nas autoclaves de pré-vácuo o ar é removido por exaustão mecânica, permitindo uma penetração de vapor quase instantânea.

O uso de ciclos repetidos de vácuo e vapor garante uma melhor uniformidade de temperatura dentro da câmara. Além disso, a qualidade do vapor desempenha um papel crucial na eficiência da esterilização. Para ser eficaz, o vapor deve estar em uma fase entre o líquido e o gasoso, com 100% de saturação, o que garante uma troca de energia adequada para a destruição térmica dos microrganismos. Um vapor de baixa qualidade, contendo excesso de água, pode comprometer tanto a esterilização quanto a secagem dos materiais (RIGHETTI, 2012).

A distribuição de calor dentro da câmara também deve ser cuidadosamente monitorada para garantir que todas as partes da carga atinjam a temperatura necessária. Esse monitoramento é realizado por meio de sensores de temperatura calibrados e bioindicadores, e repetidos em ciclos de tempo e temperatura diferentes para verificar se a calor está distribuída uniformemente. A correta colocação dos sensores permite identificar zonas onde o calor atinge a forma mais lenta ou rápida, garantindo que o protocolo de esterilização seja eficaz em toda a carga processada (RIGHETTI, 2012).

2.10 MATÉRIA-PRIMA: MÚSCULO BOVINO

A carne é um alimento quase que indispensável á maioria dos brasileiros, em pesquisa recente, escrita pela Sociedade Vegetariana Brasileira, o IBOPE constatou que a carne e seus derivados cárneos fazem parte da dieta de 81% da população brasileira (IBOPE, 2018). Sendo assim, sabemos que a carne é uma importante fonte de alimento e energia, desde a pré-história, sendo essencial para a evolução dos humanos. Com alta biodisponibilidade de nutrientes indispensáveis para o bom funcionamento do organismo, tornou seu consumo cada vez maior, evoluindo com o tempo, surgindo novas formas de obtenção, preparos e consumo (ELLER, 2020).

O músculo bovino, é composto principalmente por água, proteínas, lipídeos e uma variedade de vitaminas e minerais. Essa composição, torna-o um meio propício para o crescimento microbiano se não for adequadamente tratado. Além disso, a carne bovina possui características sensoriais específicas, como maciez e suculência, das quais são altamente valorizadas pelos consumidores. Portanto, qualquer processo térmico deve ser cuidadosamente controlado, para que essas características sejam preservadas. A carne cozida congelada, utilizada para elaboração de pratos prontos é considerada pela indústria alimentícia um dos principais produtos do mercado de carnes semi-prontas (BRIDI; CONSTANTINO; TARSIANO, 2011).

Uma alimentação rica em proteínas, muitas vezes passa a ser associada ao consumo de produtos de origem animal, principalmente os produtos cárneos. No Brasil, no ano de 2022, o consumo de carne passou a ser cerca de 32 kg por pessoa, igualando-se ao recorde do progresso em 2013. O aumento do consumo está sendo associado pela maior disponibilidade de carne no mercado interno e pela redução dos preços, devido ao crescimento na produção e exportação (CABRAL, 2022).

Como fonte de alimento, é uma fonte de nutrientes rica em gordura e proteínas e sua produção gera uma grande variedade de subprodutos, podendo citar o couro, ossos, que são amplamente utilizados para os mais diversos fins, facilitando a vida das pessoas e gerando a renda aos envolvidos na cadeia produtiva (RUBY, 2005). No Brasil, o consumo pela população é influenciado por um conjunto de fatores que vão desde a qualidade nutricional, por simples gosto ou até mesmo pelo poder aquisitivo (CARVALHO, 2007). Como descrito por Costa (2002), o consumidor pode avaliar a qualidade da carne em alguns passos, que são, a cor do musculo e da gordura subcutânea, seguidas por aspectos abrangidos no decorrer do processamento, como a perda de líquidos no descongelamento e ate mesmo durante o cozimento, avaliação das características de palatabilidade, suculência e principalmente a maciez.

De acordo com ABIEC (2018), o Brasil encerrou o ano de 2017 com o registro de crescimento no Produto Interno Bruto (PIB) da pecuária em 0,69%, registrando R\$433 bilhões e correspondendo a 31% do PIB do agronegócio, que é 22% do PIB total. No país a carne bovina é produzida com alto nível tecnológico e confiabilidade, justificando seu reconhecimento mundial pela sua qualidade. O termo “qualidade” pode ser questionável, pois existem diferentes necessidades exigidas pelos consumidores, todavia são compreendidas quando atendem os requisitos, tanto em suas características organolépticas, quanto em valor nutritivo, ainda são esperados fatores intrínsecos como a palatabilidade, maciez, coloração, textura e distribuição de gordura, que são particularidades decisivas na hora de adquirir os produtos cárneos (COELHO *et al.*, 2017).

A posição de destaque do Brasil no cenário atual de produção, comércio e mercado da carne bovina deve-se devido à modernização da pecuária bovina, que ocorreu nas últimas quatro décadas,

quando o país possuía menos da metade do rebanho atual, e que hoje reflete claramente na qualidade da carne bovina. Apesar de o rebanho ter mais que dobrado nos últimos 40 anos, a área de pastagens pouco avançou ou até diminuiu em algumas regiões, o que por si comprova grande salto em produtividade. Os sistemas de produção de gado são basicamente divididos em três tipos: extensivo, semi-intensivo e intensivo. Para definir um sistema de produção, aspectos sociais, econômicos e culturais devem ser considerados (GOMES *et al.*, 2017).

A indústria frigorífica brasileira tem tratado a carne bovina como uma “*commodity*”, onde o importante é o volume de venda com preço baixo e margem pequena de lucro. Em vista disso, há um crescente movimento dos agentes da cadeia produtiva na busca de alternativas que mudem esta situação, visando, assim conseguir a melhoria da qualidade do produto final, garantindo dessa maneira, maior satisfação aos consumidores, e ainda promovendo a diferenciação do produto (COUTO, 2020). Estes números não representam apenas o consumo em si, representam toda a cadeia de produção de carnes, que impulsionam outras cadeias como, por exemplo, a de transportes, insumos para a produção de medicamentos para os rebanhos, a indústria da construção civil que trabalham na construção dos lugares de criação destes animais, dentre outros, o que gera empregos e desenvolvimento para o país (MONTAGNER, EUCLIDES, 2016).

Zucchi e Caixeta-Filho (2009) citaram ainda que além de a tecnologia necessária ter contribuído para o aumento da produção de carne, o Brasil possui ainda outros diferenciais competitivos que o colocam a frente de outros países concorrentes, como a genética bovina melhorada e adaptada ao meio ambiente, as condições climáticas adequadas e a vasta extensão de terras, contribuindo para o ganho em escala e para a expansão da atividade pecuária. Silva *et al* (2017) citaram que a bovinocultura de corte brasileira possui grande heterogeneidade nos sistemas de produção em relação às características da carcaça, como as relacionadas aos aspectos qualitativos e quantitativos, que podem passar por modificações pela genética, manejo e sistema de terminação.

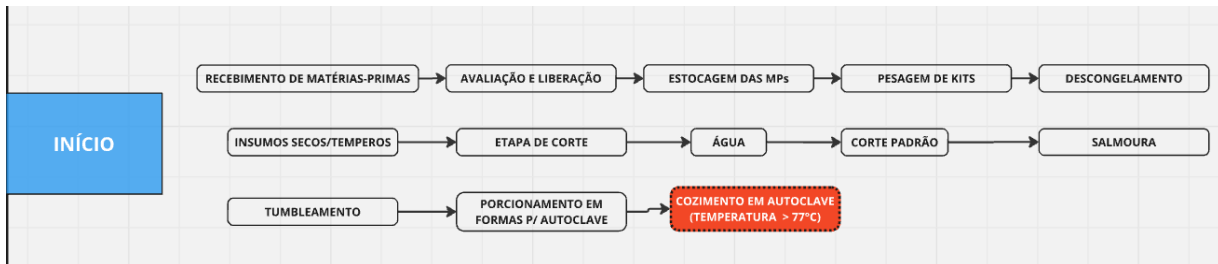
3. MATERIAL E MÉTODOS

Este estudo foi realizado em uma das maiores empresas do ramo alimentício do estado do Paraná, fundada em 2012. Trata-se de uma empresa brasileira especializada na produção de alimentos ultracongelados, com três filiais no estado. Destaca-se pela praticidade de seus produtos, oferecendo alimentos que otimizam o tempo e reduzem custos, sem comprometer a qualidade. A tecnologia de ultracongelamento utilizada garante a facilidade no preparo dos alimentos.

A pesquisa foi realizada no setor de industrializados, onde são produzidos alimentos processados, como carne bovina desfiada sabor costela, cupim, carne seca, carne de sol, cordeiro e

pernil suíno. A matéria-prima utilizada no presente estudos foi a de músculo bovino, coletado durante o período de produção. Foram escolhidas quatro amostras selecionadas, podendo ser demonstrado conforme o fluxograma da Figura 2.

Figura 2 – Fluxograma da linha de produção.



Fonte: Arquivo pessoal (2024)

Os termorregistradores, utilizados para a realização da verificação de temperatura e tempo, foram da marca iButtons, dos quais foram adquiridos pela própria indústria em 2022, juntamente com capas protetoras para maior eficiência dos dispositivos, podendo ser visto na Figura 3.

Figura 3 – (A) Termorregistradores, Ibuttons (B) Sensor com USB para leitura dos dados.



Fonte: Ibutton link (2018).

O processamento do músculo bovino, foi realizado em uma autoclave da marca Bioaxer fhaizer, projetada para o processamento de alimentos de forma estática, utilizando jato de água quente ou vapor. Essa autoclave, é especialmente indicada para alimentos que não sejam excessivamente pesados, conforme ilustrado na Figura 4.

Figura 4 – Autoclave industrial, com formas e carrinhos.



Fonte: MfRural (2019).

Para o preparo das amostras, foram utilizados duas formas de cozimento, conforme a ordem de produção, posicionadas em carrinhos. A análise foi repetida em dois dias diferentes da semana, totalizando 15 amostras. As amostras *in natura*, foram acondicionadas em embalagens plásticas de polietileno para envio ao laboratório, conforme mostrado na Figura 5. Após o posicionamento dos iButtons nos carrinhos, as amostras foram submetidas a autoclave, por 1 hora e 23 minutos, com uma temperatura superior a 77° graus.

Figura 5 – (A) Amostra *in natura* de musculo bovino, botton 01 (B) Amostra *in natura* musculo bovino, botton 02.



Fonte: Arquivo pessoal (2024)

Após o cozimento, foram coletadas novas amostras para verificar a eliminação dos patógenos. Também foi realizada, a coleta dos dados dos termorregistradores. A programação dos iButtons, foi

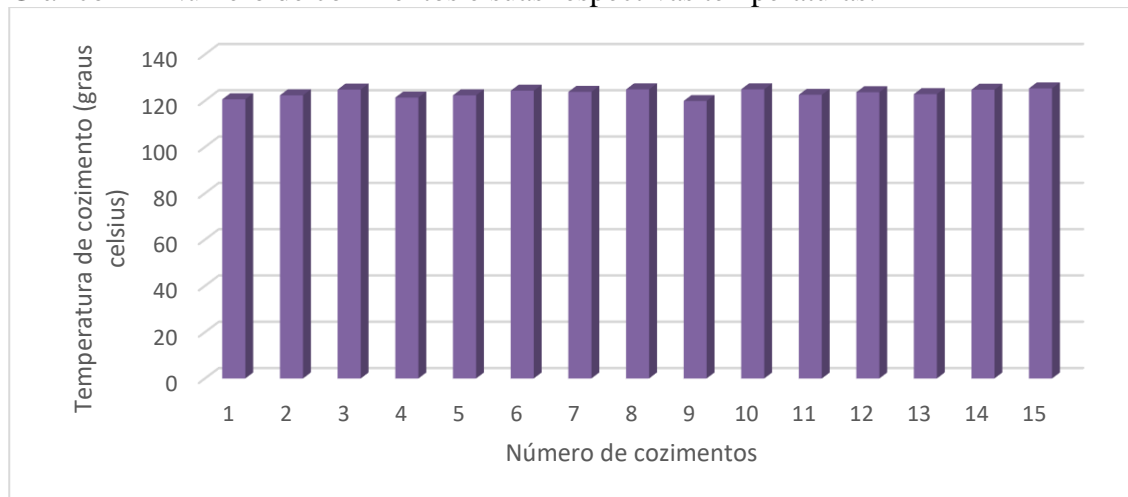
feita no aplicativo *OneWireViewer*, sendo configurado para registrar dados a cada minuto, avaliando a temperatura em graus celsius.

4. ANÁLISES E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

4.1 ANÁLISES GERAIS DO ESTUDO

A pesquisa teve como objetivo avaliar a eficiência do processo de cocção e autoclave para validar a eliminação de patógenos, como a *Salmonella* e *Escherichia coli*. Os resultados obtidos podem ser demonstrados de acordo com o Gráfico 1.

Gráfico 1 – Número de cozimentos e suas respectivas temperaturas.



Fonte: Dados da pesquisa (2024).

Podendo notar que, a temperatura máxima atingida foi de 124,822 graus, para avaliar a eficácia completa, as amostras foram enviadas ao laboratório homologado da indústria, conforme esperado, as amostras garantiram a eficiência do tratamento térmico por meio da autoclave, garantindo um produto com alta eficiência aos consumidores, podendo ser demonstrado nos laudos abaixo, comparando os resultados da matéria-prima *in natura* e cozida. Os resultados das análises microbiológicas das amostras de músculo bovino foram os seguintes; A amostra do botton 01 (*in natura*), coletada na sala de pré-preparo, apresentou uma contagem de *Escherichia coli* inferior a $1,0 \times 10^1$, enquanto *Salmonella* spp. não foi detectada. A amostra do botton 02, também coletada na mesma sala, apresentou resultados semelhantes: *Salmonella* spp. foi ausente e a contagem de *Escherichia coli* foi inferior a $1,0 \times 10^1$, ambos considerados dentro dos parâmetros esperados.

Após o cozimento térmico, a amostra do botton 01 manteve a contagem de *Escherichia coli* inferior a $1,0 \times 10^1$, e *Salmonella* spp. continuou ausente. O mesmo padrão foi observado na amostra do botton 02 após o cozimento, com resultados igualmente dentro do esperado.

4.2 DESEMPENHO DOS iBUTTONS NO MONITORAMENTO DE TEMPERATURA

Os iButtons foram inseridos com as capas protetoras, envoltos por plásticos compostos por polietileno, conforme descrito na metodologia, além de, serem demarcados com a numeração para facilitar o resultado das análises. Essa estratégia, ajudou a monitorar as variações térmicas diretamente no núcleo das amostras, um ponto crítico para garantir a temperatura correta. Os dados coletados pelos termorregistradores, demonstraram um pico de temperatura, com 1 hora e 14 minutos de cozimento, sendo a maior delas, de 124° graus, e mantendo constante por 19 min, após esse período, a autoclave reduz temperatura de forma balanceada. Isso demonstra a eficácia do sistema de controle térmico da autoclave, garantindo que, o calor fosse distribuído de maneira uniforme. De acordo com Alves e Garcia (2005), a validação da autoclave foi feita com a finalidade de se verificar se a temperatura manteve constante e uniforme, em todos os pontos do cesto de acondicionamento do produto alimentício.

4.3 VALIDAÇÃO DA TEMPERATURA PARA A ELIMINAÇÃO DOS PATÓGENOS

Com base nos dados obtidos, observou-se que, as amostras atingiram e mantiveram a temperatura suficientes, para que, inativasse os patógenos de *Salmonella* e *Escherichia Coli*. Sabendo que, esses microrganismos são especialmente preocupantes em produtos de origem animal, pois sua presença pode causar graves problemas a saúde pública. De acordo com a legislação vigente, IN 161/2022, as carnes cruas sejam elas maturadas ou não, temperadas ou não, refrigeradas ou congeladas, embaladas a vácuo ou não, miúdos, toucinho e pele, apresentam os valores referentes sobre *Salmonella* e *Escherichia coli*.

Para *Salmonella*, o valor de referência para carne bovina e outras carnes é de 25g, sendo necessário 5 amostras. O resultado considerado aceitável é a ausência de *Salmonella* em todas as amostras. No caso da carne suína, também se requer a análise de 5 amostras, com o mesmo critério de aceitação. O parâmetro "c" indica o número máximo de amostras que podem apresentar resultado positivo para que o lote seja considerado aceito; para a carne suína, esse valor é de 5 amostras. O parâmetro "m" representa o valor limite para um resultado aceitável em uma amostra, que, neste caso, deve ser a ausência de *Salmonella*. O parâmetro "M", conforme demonstrado no documento oficial,

indica o valor limite máximo; se a contagem de *Salmonella* ultrapassar esse valor, o lote será considerado rejeitado, resultando em um valor de referência nulo.

Em relação à *Escherichia coli*, para carne bovina e outras carnes, são necessárias 5 amostras. O valor de "c", que representa o número máximo de amostras que podem apresentar resultados positivos, é de 2 amostras. O parâmetro "m" define o valor limite para um resultado aceitável em uma amostra, que deve ser menor ou igual a 10, enquanto "M", o valor limite máximo, é estabelecido em 10^2 . Para carne suína, também são requeridas 5 amostras, com "c" igual a 3, "m" em 10^2 e "M" em 10^3 .

Para a garantia da segurança microbiológica do alimento após o processo térmico, pode-se validá-la por meio do cálculo de letalidade térmica do processo, chamado em muitos casos de valor F ou F₀ (BERTELI; BERTO; VITALI, 2013). Conforme relatou Berteli, Berto, Vitali (2013) por meio do histórico de temperatura de aquecimento do alimento, é possível calcular a letalidade do processo térmico, para isso existem diversos modelos matemáticos a serem usados, entretanto os mais comumente usados são o Método Genérico e o Modelo Matemático de *Ball*.

4.4 ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE AS AMOSTRAS

As amostras *in natura*, apresentaram ausência completa de qualquer tratamento térmico prévio, sendo utilizadas como controle negativo para análise microbiológica. Essas amostras, foram posteriormente comparadas com amostras cozidas, para verificar a eficácia do processo de cocção.

Nas amostras expostas, observadas, através das análises microbiológicas realizadas, obtivemos a ausência da *Salmonella* e *Escherichia Coli*, o que corrobora, com a eficiência do tratamento térmico em autoclave. As amostras, foram submetidas em tempo de cozimento de duas rampas, sendo, a primeira rampa com tempo de 25 minutos, e a segunda tampa em 45 minutos, além de, temperaturas suficientes para garantir a segurança alimentar, sem que houvesse o risco da presença desses patógenos.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados demonstraram que o uso da autoclave, combinado com o monitoramento por IButtons, foi eficaz, para garantir a segurança microbiológica do musculo bovino. A temperatura monitorada, indicou que os parâmetros de processamento foram adequados, cumprindo os requisitos de eliminação dos patógenos. Além disso, o uso de IButtons como tecnologia de monitoramento térmico é vantajoso, fornecendo dados precisos e consistentes ao longo do processo de cocção.

Em comparação com outros métodos de controle térmico, a autoclave oferece como vantagem significativa a homogeneidade, da distribuição de calor. Isso pode ser confirmado, pelos dados obtidos, que não indicaram variações graves na temperatura ao longo do tempo, garantindo que, todas as regiões do produto cárneo fossem expostas ao tratamento térmico necessário.

REFERÊNCIAS

- ABIEC - Associação Brasileira das Indústrias Exportadoras de Carne, 2018.
- ALVES, V. A. O., & Garcia, C. Modelagem e controle de autoclave estacionária descontínua empregada em esterilização de alimentos enlatados sólidos e pastosos, 2005.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento.** Instrução Normativa n.º 161, de 9 de junho de 2022. Estabelece os critérios e procedimentos para [...]. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, p. 10, 10 jun. 2022.
- BERTELI, M. N.; BERTO, M. I.; VITALI, A. A. Aplicabilidade do método de Ball para o cálculo da letalidade de processos de esterilização em autoclaves a vapor desaeradas por água. *Brazilian Journal Of Food Technology*, [S.L.], v. 16, n. 3, p. 243-252, set. 2013.
- BRIDI, A. M.; CONSTANTINO, C.; TARSITANO, M. A.. Qualidade da carne de bovinos produzidos em pasto. *Simpósio de Produção Animal a Pasto, Maringá, Paraná*. p.18. 2011. Disponível em: <http://www.uel.br/grupo-pesquisa/gpac/pages/arquivos/Qualidade%20da%20Carne%20de%20Bovinos%20Produzidos%20em%20Pasto.pdf>. Acessado em: 10/10/2024
- BRUMATTI, M. R. Estudo do tratamento térmico aplicado na produção do molho de tomate. 2019. 46 f. TCC (Graduação) – Curso de Engenharia Química, Universidade Federal de São Carlos, 2019.
- CABRAL, Jéssica Viana et al. Consumo de carne bovina no Brasil. 2022.
- CAMPOS; Burin. Características nutracêuticas da carne e sua importância. espanha; de, poliana; et al. [s.l.: s.n., s.d.]. 2013
- CARVALHO, T. B. Estudo da elasticidade-renda da demanda de carne bovina, suína e de frango no Brasil. 2007.
- COELHO, C. F.; CARVALHO, A. C.; MONTEIRO, K. S.; FIGUEIREDO, L. S.; GUTIERRES, P. G.; FERREIRA, R. A. O Brasil produz carne de qualidade! 2017.
- COSTA, E.C.; RESTLE, J.; BRONDANI, I.L. et al. Composição física da carcaça, qualidade da carne e conteúdo de colesterol no músculo Longissimus dorsi de novilhos Red Angus superprecoces, terminados em confinamento e abatidos com diferentes pesos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 31, n. 1, p. 417-428, 2002.
- COSTA, F. S. **Efeito de fontes de óleos vegetais sobre o desempenho, características de carcaça e qualidade da carne de bovinos Nelore.** 2016. 71f. Tese (Doutorado) – Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, 2016.

COUTO, G.R., Curso; DE, produção de bovinos; et al. [s.l.: s.n] 2020. Disponível em: . CORPET, D. E. Red meat and colon cancer: Should we become vegetarians, or can we make meat safer? Meat science, p. 310–316. 2011

CORPET, D. E. Red meat and colon cancer: Should we become vegetarians, or can we make meat safer? Meat science, p. 310–316. 2011.

ELLER, Filipe. Tomando consciência da história e consumo da carne bovina. 2020

FISCHER, Marina Miranda. Contaminação Microbiológica de alimentos envolvidos em surtos de doenças Transmitidas por Alimentos Ocorridas no estado do Rio Grande do Sul entre 2004 e 2012. 2013.

FOODSAFETYBRAZIL (org.). Validação de processo térmico – segurança de alimentos na indústria e no churrasco feito em casa. 2016. Elaborada por Ana Claudia Frota. Disponível em: <https://foodsafetybrazil.org/validacao-de-processo-termico-seguranca-de-alimentos-na-industria-e-no-churrasco-feito-em-casa/?cn-reloaded=1>. Acesso em: 06 out. 2024

GOBERT, M.; SAYD, T.; GATELLIER, P.; SANTÉ-LHOUTELLIER, V. Application to proteomics to understand and modify meat quality. Meat Science, v. 98(3), p.539– 43. 2014.

GOMES, R. C.; FEIJÓ, G. L. D.; CHIARI, L. Evolução e Qualidade da Pecuária Brasileira. Embrapa Gado de Corte. Campo Grande, 2017.

IBOPE. Pesquisa de opinião pública sobre vegetarianismo. 2018

MATAIX, V. J. Nutrición para educadores. Madrid: Díaz de Santos, S.A. 2013.

MEDEIROS, S. R. Modulação do perfil lipídico de bovinos: implicações na produção e aceitação da carne. In: V Simpósio Goiano sobre manejo e Nutrição de bovinos de corte e leite. Goiânia: CNBA, p. 43-72. 2018.

MF rural, Autoclave para alimentos a pronta entrega. (2019).

MONTAGNER, B. D.; EUCLIDES, V. P. B. Demandas tecnológicas dos sistemas de produção de bovinos de corte no Brasil – forrageiras. Campo Grande, RS: Embrapa Gado de Corte, 2016.

OLIVEIRA, A. P. et al. Principais aspectos considerados por consumidores na aquisição e consumo de carne suína em Colônia do Piauí-PI. Arq. Ciênc. Vet. Zool. Unipar, Umuarama, v. 20, n. 5, p. 71-77, jun. 2018

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

RIGHETTI, Carlos; VIEIRA, P. C. G. V. Autoclave: aspectos de estrutura, funcionamento e validação. Rev Soc Bras Ciênc Animais Lab, v. 1, n. 2, p. 185-9, 2012.

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

RUBY, M. B. *Of meat, morals, and masculinity: factors underlying the consumption of nonhuman animals and inferences about another's character*. Waterville: Colby College, 2005.

SANTOS, C. D'Á. N. O. dos. **Alterações físico-químicas e perfil de ácidos graxos em linguiça calabresa frescal e defumada submetida à diferentes processos de cocção**. 2017. 66 f. TCC (Graduação) - Curso de Tecnologia em Alimentos, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Francisco Beltrão, 2017.

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

SILVA, M. J. F. B.; LINS, L. F.; LINS, N. B. O.; SIQUEIRA, M. G. F. M.; MOURA, A. P. B. L.; NETO, P. M. C.; BARBOSA, S. B. P.; JUNIOR, W. M. D. Avaliação de carcaça bovina: uma revisão sobre o uso do ultrassom. 2017.

SILVA, F. V. M., GIBBS, P. Principles of thermal processing: Sterilization and pasteurization. In *Food Engineering: Integrated Approaches* (2009).

TADINI, C.C., TELIS, V. R. N. Operações unitárias na indústria de alimentos. Rio de Janeiro, RJ. LTC. V.2. 23c. 2016.

VESSONI PENNA, T. C.; MACHOSHVILI, I. A. Esterilização térmica. Conceitos básicos da cinética de morte microbiana. *Rev. Farm. Bioquím. Univ. São Paulo*, v.34, supl.1, p.1-5, 1997.

VON RÜCKERT, D.A.S. *et al.* Pontos críticos de controle de Salmonella spp. no abate de frangos. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec*, [S.I], v. 61, n. 2, p. 326-330, abr. 2009.

YOUNG, J.; THERKILDSEN, M.; EKSTRAND, B.; CHE, B., LARSEN, M.; OKSBJERG, N.; STAGSTED, J. Novel aspects of health promoting compounds in meat. *Meat Science*, v. 95, p. 904-911. 2013.

ZUCCHI, J. D.; CAIXETA-FILHO, J. V. Panorama dos Principais Elos da Cadeia Agroindustrial da Carne Bovina Brasileira. 2009.