

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS  
CENTRO DE CIÊNCIAS DA NATUREZA  
*CAMPUS LAGOA DO SINO*

**EDUARDO BERTO DE SOUZA**

**DESENVOLVIMENTO DE HAMBÚRGUER BOVINO REDUZIDO EM SÓDIO  
USANDO SAL MICRONIZADO E EXTRATO DE LEVEDURA:  
CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA E PROPRIEDADES DE COZIMENTO**

BURI  
2025

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS  
CENTRO DE CIÊNCIAS DA NATUREZA  
*CAMPUS LAGOA DO SINO*

**EDUARDO BERTO DE SOUZA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como exigência parcial para a obtenção do grau de Bacharel em Engenharia de Alimentos na Universidade Federal de São Carlos.

**Orientador:** Prof. Dr. Natan de Jesus Pimentel Filho

BURI

2025

Souza, Eduardo Berto de

Desenvolvimento de hambúrguer bovino reduzido em sódio usando sal micronizado e extrato de levedura: caracterização química e propriedades de cozimento / Eduardo Berto de Souza -- 2025.  
45f.

TCC (Graduação) - Universidade Federal de São Carlos, campus Lagoa do Sino, Buri

Orientador (a): Natan de Jesus Pimentel Filho

Banca Examinadora: Natan de Jesus Pimentel Filho,

Miriam Mabel Selani, Sarah Mafeis de Jesus

Bibliografia

1. Composição centesimal. 2. Sal micronizado. 3. Extrato de levedura. I. Souza, Eduardo Berto de. II. Título.

Ficha catalográfica desenvolvida pela Secretaria Geral de Informática  
(SIn)

DADOS FORNECIDOS PELO AUTOR

Bibliotecário responsável: Lissandra Pinhatelli de Britto - CRB/8 7539


## FOLHA DE APROVAÇÃO

EDUARDO BERTO DE SOUZA

Desenvolvimento de hambúrguer bovino reduzido em sódio usando sal micronizado e extrato de levedura: caracterização química e propriedades de cozimento

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como exigência parcial para a obtenção do grau de Bacharel em Engenharia de Alimentos na Universidade Federal de São Carlos. Buri, 17 de julho de 2025.


Orientador(a)

Documento assinado digitalmente  
 **NATAN DE JESUS PIMENTEL FILHO**  
Data: 17/07/2025 19:59:04-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

Prof. Dr. Natan de Jesus Pimentel Filho  
Universidade Federal de São Carlos (UFSCar)


Examinador(a)

Documento assinado digitalmente  
 **MIRIAM MABEL SELANI**  
Data: 17/07/2025 15:38:42-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

Profa. Dra. Miriam Mabel Selani  
Universidade de São Paulo (USP)

Examinador(a)

Documento assinado digitalmente  
 **SARAH MAFEIS DE JESUS**  
Data: 18/07/2025 10:57:43-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

Eng<sup>a</sup> Sarah Mafeis de Jesus  
Universidade de São Paulo (USP)

## **AGRADECIMENTO**

Agradeço aos meus pais, Inês e Mário, e ao meu irmão, Luis Gustavo, pelo apoio constante, carinho e incentivo ao longo de toda a minha trajetória acadêmica. Aos meus avós, Cícera e Sebastião, sou profundamente grato pela presença e pelo suporte emocional que sempre me ofereceram.

Sou igualmente grato aos amigos que a Universidade me proporcionou - José Eduardo, Guilherme Rodrigues e João Pedro Lima de Jesus - pela parceria, pela troca de experiências e por compartilharem comigo essa etapa tão significativa.

Registro um agradecimento especial à professora Miriam, que me orientou durante o projeto de Iniciação Científica e ofereceu um apoio essencial, inclusive com o transporte, possibilitando minha participação em um congresso científico. Estendo meus agradecimentos ao professor Natan, pela atenção, disponibilidade e por aceitar me orientar na reta final do curso, além dos valiosos conhecimentos transmitidos ao longo das disciplinas ministradas.

Agradeço ao CNPq pela concessão da bolsa PIBIC, fundamental para a realização deste estudo, e à Universidade Federal de São Carlos (UFSCar) pela infraestrutura e por todo o suporte acadêmico e institucional oferecido ao longo da graduação.

Por fim, deixo meu sincero agradecimento a todas as pessoas que, de alguma forma, fizeram parte da minha caminhada durante esses anos de formação.

## RESUMO

SOUZA, Eduardo Berto de. **Desenvolvimento de hambúrguer bovino reduzido em sódio usando sal micronizado e extrato de levedura: caracterização química e propriedades de cozimento**. 2025. Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade Federal de São Carlos, campus Lagoa do Sino, Buri, 2025.

O presente estudo teve como objetivo avaliar o uso de sal micronizado e extrato de levedura como estratégias para a redução de sódio em hambúrgueres bovinos, avaliando a composição centesimal, propriedades de cozimento e oxidação lipídica de amostras cruas e cozidas. Foram elaboradas cinco formulações: uma controle (C) contendo 1,75% de NaCl comercial, e quatro com 50% de redução de sódio (0,875%): NaCl comercial (RR), sal micronizado (RM), RM com 1% de extrato de levedura (RM1) e RM com 2% de extrato de levedura (RM2). Os resultados demonstraram que, nos hambúrgueres crus, o teor de umidade foi semelhante entre as amostras; entretanto, nos produtos cozidos, o controle apresentou uma maior retenção de água, possivelmente em decorrência da solubilização das proteínas miofibrilares promovida pela presença de maior teor de sal. Entre as formulações com redução de sal, as amostras cruas RR e RM apresentaram teor proteico inferior ao da RM2, provavelmente devido ao elevado teor proteico do extrato de levedura, embora não tenham sido observadas diferenças significativas no teor proteico dos hambúrgueres após a cocção. Em relação ao teor lipídico, não foram encontradas variações significativas entre as diferentes formulações, tanto nas amostras cruas quanto nas cozidas. O controle apresentou um teor de cinzas superior, em função da maior quantidade de NaCl na formulação. Quanto às propriedades de cozimento, o controle demonstrou maior capacidade de retenção de umidade, enquanto a retenção de lipídeos foi semelhante entre as amostras. A oxidação lipídica apresentou resultados similares nas amostras cruas; entretanto, RM1 e RM2 apresentaram níveis de TBARS (Substâncias Reativas ao Ácido Tiobarbitúrico) mais elevados após o cozimento, embora esses níveis permaneceram dentro dos limites aceitáveis para manter a qualidade sensorial e evitar a percepção de oxidação pelo consumidor. Os resultados obtidos demonstram que a redução do teor de sal e a incorporação de extrato de levedura influenciam a composição, a retenção de umidade e a oxidação lipídica dos hambúrgueres. Contudo, estudos adicionais são necessários para uma avaliação mais abrangente dos impactos dessas variáveis sobre as características sensoriais dos produtos.

**Palavras-chave:** Composição centesimal; Oxidação lipídica; Sal micronizado; Extrato de levedura

## **ABSTRACT**

The present study aimed to evaluate the use of micronized salt and yeast extract as strategies for sodium reduction in beef burgers, assessing the proximate composition, cooking properties, and lipid oxidation of raw and cooked samples. Five formulations were prepared: a control (C) containing 1.75% commercial NaCl, and four with 50% sodium reduction (0.875%): commercial NaCl (RR), micronized salt (RM), RM with 1% yeast extract (RM1), and RM with 2% yeast extract (RM2). Results showed that, in raw burgers, moisture content was similar among samples; however, in cooked products, the control retained more water, possibly due to greater myofibrillar protein solubilization promoted by the higher salt content. Among the reduced-salt formulations, raw RR and RM samples exhibited lower protein content compared to RM2, likely due to the high protein content of yeast extract, although no significant differences in protein content were observed after cooking. Regarding lipid content, no significant differences were found among the formulations, in either raw or cooked samples. The control showed higher ash content due to the greater amount of NaCl. As for cooking properties, the control demonstrated greater moisture retention, while lipid retention was similar across samples. Lipid oxidation results were comparable in raw samples; however, RM1 and RM2 showed higher TBARS (thiobarbituric acid reactive substances) levels after cooking, although these values remained within acceptable limits to maintain sensory quality and avoid detectable oxidation by consumers. The findings demonstrate that salt reduction and the addition of yeast extract influence the composition, moisture retention, and lipid oxidation of beef burgers. Nevertheless, further studies are necessary to comprehensively evaluate the impact of these variables on the sensory characteristics of the products.

**Keywords:** Proximate composition; Lipid oxidation; Micronized salt; Yeast extract.

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>9</b>
<b>2 OBJETIVOS</b> .....	<b>11</b>
<b>3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b> .....	<b>11</b>
3.1 HAMBÚRGUER DE CARNE.....	11
3.2 FUNÇÕES DO SAL NA INDÚSTRIA DE ALIMENTOS.....	12
<b>3.2.1 Sensorial</b> .....	<b>12</b>
<b>3.2.2 Conservante</b> .....	<b>14</b>
<b>3.2.3 Tecnológico</b> .....	<b>14</b>
3.3 CONSUMO DE SÓDIO NA SAÚDE HUMANA E ESTRATÉGIAS DE REDUÇÃO ..	15
3.4 SAIS ALTERNATIVOS PARA REDUÇÃO DE SÓDIO .....	16
<b>3.4.1 Cloreto de potássio</b> .....	<b>17</b>
<b>3.4.2 Cloreto de cálcio</b> .....	<b>17</b>
<b>3.4.3 Sulfato de magnésio</b> .....	<b>18</b>
<b>3.4.4 Outros sais de potássio</b> .....	<b>18</b>
3.5 SAL MICRONIZADO .....	18
<b>3.5.1 Formas de obtenção</b> .....	<b>18</b>
<b>3.5.2 Aplicação em produtos cárneos</b> .....	<b>19</b>
3.6 REALÇADORES DE SABOR .....	20
<b>3.6.1 Extrato de levedura</b> .....	<b>20</b>
<b>3.6.2 Aplicação em produtos cárneos</b> .....	<b>21</b>
<b>4 METODOLOGIA</b> .....	<b>22</b>
<b>4.1 OBTENÇÃO DA MATÉRIA-PRIMA</b> .....	<b>22</b>
4.2 PREPARO DO SAL MICRONIZADO .....	22
4.3 ELABORAÇÃO DOS HAMBÚRGUERES BOVINOS .....	22
4.4 ANÁLISES DOS HAMBÚRGUERES BOVINOS .....	24
<b>4.4.1 Composição centesimal</b> .....	<b>24</b>
<b>4.4.2 Propriedades de cozimento</b> .....	<b>24</b>
<b>4.4.3 Oxidação lipídica</b> .....	<b>25</b>
4.5 ANÁLISE DE DADOS .....	25
<b>5 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	<b>26</b>
5.1 COMPOSIÇÃO CENTESIMAL.....	26

5.2 PROPRIEDADES DE COZIMENTO .....	28
5.3 OXIDAÇÃO LIPÍDICA.....	29
<b>6 CONCLUSÕES.....</b>	<b>31</b>
<b>7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>32</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O cloreto de sódio (NaCl), comumente designado como sal de cozinha, integra a maior fonte de sódio da dieta humana (em torno de 90%) (Bannwart *et al.*, 2014). Na alimentação, esse composto é essencialmente advindo da adição isolada de NaCl (Rosa *et al.*, 2022), do uso de condimentos e temperos à base dessa substância (Borjes, 2014), bem como através do consumo de alimentos processados (Pinto *et al.*, 2021). Com isso, apesar dos termos sal e sódio serem dispostos como sinônimos no linguajar popular, quimicamente o cloreto de sódio é representado, em massa, por 40% de sódio, sendo os 60% restantes representados pelo cloreto (Bannwart *et al.*, 2014).

O NaCl é muito utilizado na indústria de alimentos devido à sua função sensorial, tecnológica e conservante (Rosa *et al.*, 2022). Sua adição promove a diminuição da atividade de água dos alimentos, atuando no controle do crescimento de microrganismos deteriorantes e patogênicos, além de melhorar as características sensoriais dos alimentos ao realçar o seu sabor, conferindo o gosto salgado e mascarando o gosto amargo (Rodrigues *et al.*, 2015; Inguglia *et al.*, 2017). Tecnicamente, o cloreto de sódio tem importante função, especialmente em produtos cárneos. Ao solubilizar as proteínas miofibrilares da carne, o sal ativa as proteínas que se ligam à água e à gordura, melhorando a capacidade de retenção destes componentes, favorecendo a suculência e o rendimento. Além disso, essas proteínas atuam como emulsificantes, permitindo a formação de emulsões cárneas, além de promoverem a adesão dos pedaços de carne em produtos cominuídos, como o hambúrguer (Inguglia *et al.*, 2017; Cluff *et al.*, 2017).

No entanto, o alto consumo de sódio pode levar ao aumento da pressão arterial, estando associado ao desencadeamento de diferentes doenças cardiovasculares (Partearroyo *et al.*, 2019). Devido a isso, a Organização Mundial de Saúde (OMS) recomenda o consumo de, no máximo, 5 gramas de sal por dia (2 g sódio/dia), mas o consumo mundial (15 g sal/dia) (Afshin e Sur, 2019) e brasileiro (10 g sal/dia) (Mill *et al.*, 2019) e supera bastante esse valor. No Brasil, a ingestão elevada de sódio tem sido relacionada, principalmente, ao aumento do consumo de alimentos processados e ultraprocessados, ricos em sal, e pela maior frequência de refeições fora de casa, que geralmente contêm altos teores de sódio (Mill *et al.*, 2021). Assim, reduzir o sal dos alimentos processados com o intuito de diminuir o consumo de sódio da população é altamente desejável do ponto de vista de saúde pública.

Um dos principais desafios na indústria de alimentos consiste na exploração de alternativas de componentes capazes de reduzir o teor de sódio na formulação dos produtos cárneos. A exemplo, têm-se os sais não sódicos, como o cloreto de potássio (KCl), cloreto de

magnésio ( $MgCl_2$ ), cloreto de cálcio ( $CaCl_2$ ) (Garcia *et al.*, 2013; Lorenzo *et al.*, 2015), os realçadores de sabor (Vidal *et al.*, 2020; França *et al.*, 2022), e atualmente, tem sido estudado o uso do sal micronizado (Rios-Mera *et al.*, 2019, 2020).

De acordo com Rios-Mera *et al.* (2019), o sal micronizado é um ingrediente que pode ser obtido mediante a redução granulométrica do NaCl comercial. Uma das vantagens desse tipo de sal consiste na intensificação da percepção sensorial do gosto salgado devido à maior área superficial em relação à do sal em tamanho regular, proporcionando maior solubilização na saliva (Rios-Mera *et al.*, 2019 e 2020), e, conseqüentemente, maior ativação das células receptoras gustativas da língua (Wang *et al.*, 2021).

O uso de realçadores de sabor também tem se destacado no desenvolvimento de produtos cárneos reduzidos em sódio. Estes aditivos alimentares são caracterizados por apresentarem compostos umami capazes de realçar o sabor dos alimentos, especialmente o gosto salgado (Harada-Paderno *et al.*, 2020). Dentre esses compostos, o glutamato monossódico (GMS) se destaca por ser o realçador de sabor mais utilizado na indústria de alimentos, apesar de estudos indicarem uma percepção negativa dos consumidores por alimentos que o contêm (Wang *et al.*, 2019).

Além da rejeição por parte do público, diversos trabalhos científicos têm apontado potenciais efeitos adversos à saúde associados ao consumo do GMS, como obesidade, distúrbios metabólicos, efeitos neurotóxicos, hepáticos e reprodutivos, além da chamada "síndrome do restaurante chinês". Embora haja controvérsias na literatura, alguns estudos concluem que os riscos relacionados ao uso do GMS superam seus benefícios, recomendando inclusive sua substituição por alternativas naturais ou menos controversas (Evbomwan *et al.*, 2023).

Por outro lado, de acordo com Chiappini (2008), a presença de compostos naturais nos alimentos confere uma percepção positiva do ponto de vista dos consumidores. À vista disso, os extratos de leveduras constituem realçadores de sabor naturais, com potencial para atribuir o gosto umami - caracterizado por uma sensação de sabor agradável, associado à presença de aminoácidos e peptídeos umami (Alim *et al.*, 2019a) - aos produtos alimentícios, sendo uma opção recorrente ao uso de glutamato monossódico.

A reformulação de produtos alimentícios para torná-los mais saudáveis e naturais é uma tendência atual devido à preocupação dos consumidores com a relação entre a alimentação, o bem-estar e a qualidade de vida. Neste processo de reformulação, a caracterização química do produto reformulado é uma etapa fundamental antes de introduzi-lo no mercado. Especificamente quanto aos produtos cárneos, conhecer sua composição centesimal e oxidação

lipídica é importante do ponto de vista de conservação, já que eles contêm alto teor de umidade e lipídeos e necessitam de um maior cuidado quanto à escolha da embalagem, princípio de conservação aplicado e aditivos adicionados. Além disso, a composição centesimal é importante para determinar o valor nutricional dos alimentos, além de servir de subsídio para elaborar a tabela de informação nutricional a ser inserida nos rótulos.

De acordo com o panorama apresentado, até onde sabemos, não há estudos sobre o uso combinado de sal micronizado e extrato de levedura em produtos cárneos, o que pode ser uma estratégia potencial para desenvolver hambúrgueres mais saudáveis através da redução de sódio.

## **2 OBJETIVOS**

O objetivo deste estudo foi desenvolver um hambúrguer bovino com teor reduzido de sódio, utilizando sal micronizado e extrato de levedura e determinar sua composição química, propriedades de cozimento e oxidação lipídica.

## **3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

### **3.1 HAMBÚRGUER DE CARNE**

A carne bovina é uma fonte importante de proteínas de alto valor biológico, ferro, zinco e vitaminas do complexo B, nutrientes essenciais para o metabolismo humano. Entretanto, sua composição nutricional varia conforme o corte e o processamento, o que pode influenciar diretamente seus efeitos sobre a saúde. Por isso, recomenda-se um consumo equilibrado, considerando os potenciais riscos associados ao consumo excessivo de carne vermelha e processada (Stadnik, 2024).

Nesse contexto, o hambúrguer de carne destaca-se como um alimento rico em proteínas de alto valor biológico, lipídios, vitaminas hidrossolúveis e lipossolúveis, além de minerais essenciais (Oliveira *et al.*, 2013). Entre os derivados de carne, o hambúrguer bovino é o mais consumido mundialmente, principalmente devido às suas características sensoriais apreciadas e à praticidade no preparo (Rios-Mera *et al.*, 2019). Contudo, vale ressaltar que os produtos cárneos, em geral, respondem por cerca de 30% da ingestão diária de sódio, principalmente na forma de cloreto de sódio (NaCl), o que requer atenção tanto na formulação quanto no consumo (Gullón *et al.*, 2021).

Do ponto de vista tecnológico, o hambúrguer é classificado como um produto reestruturado, elaborado a partir da moagem da carne. Esse material é estabilizado com o auxílio de ingredientes funcionais - como sais, proteínas estruturantes, amidos e fibras - e submetido a

processos como homogeneização, moldagem e posterior resfriamento ou congelamento. A reestruturação permite o aproveitamento eficiente de cortes com menor valor comercial, mantendo a qualidade físico-química e sensorial do produto (Pearson e Tauber, 1996a).

Segundo o Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade (RTIQ), o hambúrguer é definido como um alimento industrializado obtido a partir de carne moída de animais de açougue, podendo conter, de forma opcional, tecido adiposo e outros ingredientes. Deve ser moldado e submetido a processos tecnológicos adequados, podendo ser comercializado nas formas crua, cozida, frita, congelada ou resfriada, desde que atenda aos requisitos mínimos de identidade e composição (Brasil, 2022b).

O RTIQ estabelece critérios físico-químicos: limite máximo de 23% de lipídios, mínimo de 15% de proteínas e até 3% de carboidratos. A formulação deve conter obrigatoriamente carne, podendo incluir ingredientes opcionais como água, gordura, sal, proteínas vegetais ou animais, condimentos, aditivos tecnológicos e agentes de ligação, desde que garantida a inocuidade e conformidade do produto com a legislação vigente, incluindo a realização de análises microbiológicas para detecção de *Salmonella spp.*, *Escherichia coli* e *Staphylococcus coagulase positiva* (Brasil, 2022a; 2022b).

## 3.2 FUNÇÕES DO SAL NA INDÚSTRIA DE ALIMENTOS

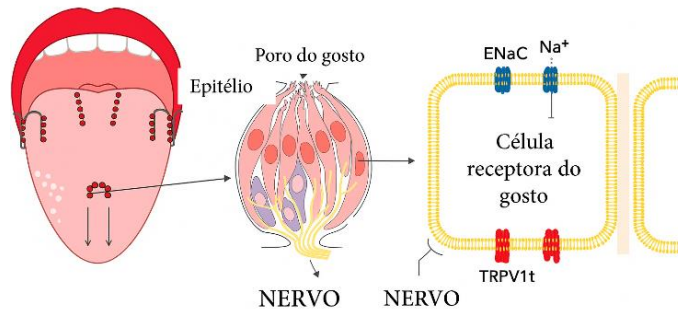
O cloreto de sódio (NaCl) é amplamente empregado na indústria alimentícia devido às suas diversas funções tecnológicas, microbiológicas e sensoriais. Sua utilização abrange uma ampla gama de alimentos processados, com destaque para produtos cárneos, queijos, pães, snacks, conservas vegetais, molhos, caldos, embutidos, produtos empanados, refeições prontas e sopas desidratadas (Tarté, 2009; Albarracín *et al.*, 2011). A seguir, são descritas as principais funções tecnológicas, sensoriais e microbiológicas do cloreto de sódio em sistemas alimentares processados.

### 3.2.1 Sensorial

A percepção da salinidade nos alimentos está intimamente ligada à liberação e disponibilidade de íons  $\text{Na}^+$  na saliva, que ativam receptores específicos nas papilas gustativas. O principal mediador desse processo é o canal EnaC (*Epithelial Sodium Channel*), que permite a entrada passiva de sódio nas células receptoras, gerando um sinal neurofisiológico interpretado como sabor salgado. Além do EnaC, o receptor TRPV1t - um subtipo do canal vaniloide tradicionalmente associado à sensação de pungência térmica e química - também pode

ser ativado por cátions como  $K^+$ ,  $Ca^{2+}$  e  $NH_4^+$ , influenciando secundariamente a percepção de salinidade (Wang *et al.*, 2021), como apresentado na Figura 1.

**Figura 1** - Anatomia da língua humana e distribuição das papilas gustativas.



**Adaptado de:** (Wang *et al.*, 2021).

Além da fisiologia envolvida na detecção do sódio pelas papilas gustativas, aspectos físico-químicos do sal também influenciam significativamente a percepção sensorial. A taxa de dissolução do NaCl depende de características como o tamanho das partículas, a morfologia cristalina e a estrutura espacial do sal. Cristais com menor granulometria apresentam maior área superficial específica, promovendo uma dissolução mais rápida na saliva e, conseqüentemente, intensificando o estímulo sensorial (Quilaqueo *et al.*, 2015; Rama *et al.*, 2013).

Do ponto de vista sensorial, o sódio, na forma de íons  $Na^+$ , está associado não apenas à percepção do sabor salgado - um dos cinco gostos básicos - mas também à modulação de outras sensações gustativas. Ele pode mascarar o gosto amargo, realçar aromas e sabores de outros ingredientes e contribuir para a complexidade e equilíbrio sensorial dos alimentos (Hutton, 2002). A intensidade percebida da salinidade está relacionada tanto à taxa de liberação desses íons quanto à sua concentração na matriz alimentar, fatores determinantes para o limiar de detecção e a intensidade do sabor salgado (Taylor *et al.*, 2018).

Embora os termos “gosto” e “sabor” sejam muitas vezes usados como sinônimos, há uma distinção técnica importante entre eles: o gosto se refere unicamente às sensações detectadas pelas papilas gustativas - como o salgado, o doce, o amargo, o azedo e o umami, enquanto o sabor é uma experiência mista, porém unitária, percebida pelos sentidos da gustação em conjunto com a olfação, influenciado também pelos efeitos táteis, térmicos e cinestésicos durante a degustação de um alimento (Yang *et al.*, 2021). A língua é o principal órgão dos sentidos, a qual é responsável pela detecção do gosto de um alimento. O sentido gustativo atua

através do estímulo que substâncias químicas solúveis geram ao excitar os receptores, denominadas papilas gustativas (Hedhili *et al.*, 2021; Bertelsen *et al.*, 2021).

### 3.2.2 Conservante

Do ponto de vista microbiológico, o NaCl atua como conservante principalmente por reduzir a atividade de água ( $A_w$ ), limitando a disponibilidade de água livre essencial para o metabolismo microbiano. A adição de sal à formulação de alimentos diminui a  $A_w$  ao promover ligações com moléculas de água, o que dificulta a proliferação de microrganismos patogênicos e deteriorantes. Técnicas como secagem, liofilização e adição de solutos (sal e/ou açúcar) são utilizadas para diminuir a  $a_w$  e, conseqüentemente, inibir a atividade microbiana. Entre esses, o sal é mais eficaz na redução da  $a_w$ . A maioria das bactérias, incluindo patógenos alimentares, cresce em faixas de  $a_w$  entre 1,00 e 0,95, enquanto leveduras e bolores são capazes de se desenvolver em valores próximos a 0,70 (Loren *et al.*, 2023).

Nos produtos cárneos, o sal desempenha um papel essencial na preservação, inibindo a multiplicação de microrganismos por meio de diferentes mecanismos. Além da redução da  $A_w$ , o NaCl causa choque osmótico, promovendo o fluxo de água para fora das células bacterianas, o que pode resultar em plasmólise e morte celular (Zheng *et al.*, 2019; Inguglia *et al.*, 2017). Sua eficácia depende da concentração na fase aquosa, pois é nessa fração que ocorre a maior parte das interações com os microrganismos.

Adicionalmente, o NaCl pode interferir na atividade enzimática intracelular, diminuir a solubilidade de oxigênio no alimento e forçar os microrganismos a ativarem mecanismos de transporte ativo para expulsar o excesso de íons  $\text{Na}^+$ , aumentando o gasto energético e dificultando sua multiplicação (Shelef e Seiter, 2005).

### 3.2.3 Tecnológico

Do ponto de vista tecnológico, o NaCl exerce papel crucial na modulação da textura e estabilidade. Por exemplo, em queijos, o sal influencia a hidratação da para- $\kappa$ -caseína e a estruturação da rede proteica, afetando propriedades reológicas e o processo de sinérese (Guinee, 2004). Além disso, regula a atividade das culturas *starter* e das enzimas de maturação, sendo fundamental para o desenvolvimento do sabor característico (Guinee e Fox, 2017).

Nos produtos cárneos processados, o NaCl é indispensável para a formação e estabilidade das emulsões do tipo óleo em água presentes em salsichas, mortadelas e hambúrgueres. Nessas emulsões, a gordura (fase dispersa) fica estabilizada dentro de uma

matriz aquosa (fase contínua) por proteínas miofibrilares, que atuam como emulsificantes naturais (Choi *et al.*, 2016; McClements, 2005).

O sal aumenta a força iônica do meio, promovendo a dissociação das estruturas proteicas e ampliando o espaçamento entre filamentos, o que favorece a extração proteica e a formação de uma rede tridimensional coesa (Inguglia *et al.*, 2017; Gao *et al.*, 2018; Marín *et al.*, 2018). Além disso, os íons  $\text{Cl}^-$  interagem com as cargas das proteínas miofibrilares, gerando repulsão eletrostática que facilita a retenção de água e gordura. Durante o aquecimento, essa matriz proteica forma um gel térmico estável que encapsula as gotículas lipídicas, conferindo ao produto final textura firme e suculenta (Shen *et al.*, 2019; Liu *et al.*, 2021; Shimokomaki, 2006). A eficiência dessa emulsão é influenciada por fatores como pH, temperatura, força iônica e a presença de aditivos coadjuvantes, como géis vegetais e agentes antioxidantes (Nieto e Lorenzo, 2021).

No caso dos hambúrgueres, embora não haja cocção durante a mistura inicial, o objetivo é similar: formar uma matriz proteica com elevada capacidade de retenção de água e gordura, garantindo suculência, uniformidade e resistência ao colapso térmico. O NaCl contribui para aumentar a viscosidade da massa, melhorar a coesão da matriz e aprimorar atributos sensoriais como mastigabilidade e suculência (Hutton, 2002; Shelef e Seiter, 2005).

Além das funções tecnológicas, o sal também atua como agente antimicrobiano, amaciante e realçador de sabor. Em produtos curados, a combinação do NaCl com nitrito é essencial para o desenvolvimento da coloração rosada característica, por meio da formação da nitrosomioglobina e sua posterior conversão em nitroso-hemocromo durante o tratamento térmico (Shelef e Seiter, 2005).

### 3.3 CONSUMO DE SÓDIO NA SAÚDE HUMANA E ESTRATÉGIAS DE REDUÇÃO

O sódio, geralmente consumido como cloreto de sódio (sal de cozinha), é essencial ao corpo humano, mas seu consumo excessivo está fortemente associado à ocorrência de doenças crônicas não transmissíveis, como hipertensão, doenças cardiovasculares, acidente vascular cerebral e insuficiência renal (He e MacGregor, 2007). Também há evidências ligando as dietas ricas em sódio ao câncer gástrico, osteoporose e obesidade (He *et al.*, 2020). Em 2010, o alto consumo de sódio esteve relacionado a cerca de 1,65 milhão de mortes por doenças cardiovasculares.

Historicamente, a dieta humana era pobre em sódio, mas a introdução do sal como conservante aumentou significativamente sua ingestão, superando os limites que o organismo consegue eliminar (Henney *et al.*, 2010). No Brasil, esse consumo excessivo é agravado pelo

uso de sal no preparo doméstico e pela alta ingestão de alimentos ultraprocessados, que muitas vezes contêm sódio oculto (Monteiro e Levy, 2015).

O sódio oculto refere-se à quantidade de sódio presente em alimentos industrializados e processados que não é percebida sensorialmente pelo consumidor, uma vez que não apresenta sabor salgado evidente. Esse sódio é frequentemente adicionado durante o processamento para desempenhar funções tecnológicas como conservação, realce de sabor, estabilidade de emulsões e textura. Apesar de não ser identificado diretamente pelo paladar, contribui significativamente para a ingestão diária de sódio da população, sendo um dos principais desafios nas estratégias de redução do consumo desse nutriente por meio de reformulações alimentares e políticas de saúde pública (Bannwart *et al.*, 2014).

Diante disso, a Organização Mundial da Saúde (OMS) propôs uma redução de 30% no consumo de sal até 2025. No entanto, relatório recente mostra que poucos países estão no caminho certo para atingir essa meta. Como solução, a OMS recomenda ações prioritárias de baixo custo e alto impacto, como a reformulação de alimentos industrializados, restrições à compra de produtos com alto teor de sal em instituições públicas, rotulagem nutricional frontal e campanhas de conscientização. A adoção dessas medidas pode reduzir o consumo global de sódio em mais de 20%, contribuindo de forma significativa para a prevenção de doenças e a melhoria da saúde pública mundial (WHO, 2023).

### 3.4 SAIS ALTERNATIVOS PARA REDUÇÃO DE SÓDIO

A crescente preocupação com os efeitos adversos do consumo excessivo de sódio tem impulsionado a indústria alimentícia a buscar alternativas tecnológicas para reformular produtos com menor teor de NaCl. Em alimentos processados, especialmente os cárneos, a redução do NaCl é desafiadora devido ao seu papel multifuncional na preservação microbiológica, palatabilidade, textura e capacidade de retenção de água. Estratégias amplamente estudadas incluem o uso de sais substitutivos como cloreto de potássio (KCl), lactato de potássio e cloreto de magnésio, os quais, embora tecnicamente viáveis, podem induzir sabores residuais indesejáveis quando utilizados em concentrações elevadas. A combinação desses sais com realçadores de sabor — como extratos de levedura, glutamato monossódico, inosinato dissódico e guanilato dissódico — tem se mostrado eficaz para mitigar defeitos sensoriais (Rodrigues *et al.*, 2015).

### 3.4.1 Cloreto de potássio

O KCl é amplamente utilizado como substituto do NaCl por sua similaridade eletroquímica, mantendo funções tecnológicas como a solubilização de proteínas miofibrilares e a emulsificação de gordura (Schilling *et al.*, 2008). No entanto, seu uso pode conferir sabores amargos ou metálicos. Substituições de até 30% costumam ser bem aceitas sensorialmente, e em algumas formulações específicas, esse limite pode chegar a 50% (Rodrigues *et al.*, 2015).

Dos Santos *et al.* (2014) demonstraram que a substituição de até 50% do NaCl por KCl, associada ao uso de realçadores de sabor como glutamato monossódico, inosinado e guanilato dissódicos, além dos aminoácidos lisina e taurina, resultou em salsichas fermentadas cozidas com características físico-químicas e sensoriais adequadas, mesmo com uma redução de até 68% no teor de sódio. Esses resultados indicam que níveis de substituição parciais, como 15% ou 45%, também podem ser tecnologicamente viáveis, com menor risco de impacto sensorial negativo.

Em embutidos tipo bologna, substituições de 50% intensificaram atributos negativos como amargor e adstringência, os quais foram mitigados com adição de lisina (1%) e fumaça líquida (0,1%) (Alves *et al.*, 2017). Já em peito de peru marinado com bicarbonato, a substituição de até 30% do NaCl por KCl preservou a qualidade do produto e viabilizou formulações com baixo sódio e livres de fosfato (Mudalal e Petracci, 2019). Em linguças bovinas, a combinação de KCl (25–50%) com alta pressão (HPP) resultou em melhor perfil sensorial, maior teor de proteínas e lipídios, menor umidade e boa aceitação (Ojangba *et al.*, 2022). Em salames curados, a substituição de 50% do NaCl por uma mistura de 40% de KCl e 10% de lactato de potássio foi bem-sucedida, sem prejuízo à aceitação global (Guàrdia *et al.*, 2008).

### 3.4.2 Cloreto de cálcio

O CaCl<sub>2</sub> vem sendo avaliado como substituto parcial do NaCl em produtos cárneos (Verma e Banerjee, 2012). Seu impacto sensorial depende da dosagem, podendo gerar notas amargas, ácidas, doces ou salgadas, além de sensações como gosto metálico e adstringência (Rodrigues *et al.*, 2015). Quando combinado ao NaCl, sua percepção salina é amplificada e as notas negativas, reduzidas. O uso de mascaradores como sacarose e ácido cítrico também melhora a aceitação. Contudo, o CaCl<sub>2</sub> pode comprometer características tecnológicas, como a retenção de umidade e a eficácia antimicrobiana, prejudicando a estabilidade e qualidade final (Lorenzo *et al.*, 2015). Em lombos curados, Aliño *et al.* (2010) observaram maior firmeza e resistência à mastigação, sem mudanças significativas na umidade, coloração ou teor de cloro.

### 3.4.3 Sulfato de magnésio

O  $\text{MgSO}_4$  atua como redutor de sódio por modular a percepção salina: em baixas doses, intensifica o salgado; em níveis moderados, o inibe; e, em concentrações elevadas, destaca-se o amargor (Rodrigues *et al.*, 2015). Além do efeito sensorial, está associado a benefícios como o controle da pressão arterial (Lorenzo *et al.*, 2015). Zanardi *et al.* (2010) substituíram parcialmente o NaCl em salames por uma combinação de KCl,  $\text{CaCl}_2$  e  $\text{MgCl}_2$ . A redução de 50% não alterou pH, atividade de água ou ácidos graxos livres, mas aumentou a oxidação lipídica, comprometendo a estabilidade sensorial.

### 3.4.4 Outros sais de potássio

Além do KCl, outros sais como glutamato, sulfato e lactato de potássio têm sido estudados. O glutamato de potássio, embora testado em caldos, apresentou desempenho inferior ao NaCl na intensificação do sabor. O sulfato de potássio exibe múltiplas notas gustativas - doce, ácida, amarga e salgada - cuja predominância depende da concentração (Rodrigues *et al.*, 2015). Já o lactato de potássio tem se destacado por manter a salinidade percebida, mesmo com teor reduzido de sódio. Em presuntos curados, Costa-Corredor *et al.* (2009) relataram que a redução de NaCl de 3% para 1,5% elevou a atividade de água, intensificou a proteólise e amaciou o produto - efeitos controlados com 2% de lactato.

## 3.5 SAL MICRONIZADO

O sal micronizado (SM), composto por partículas de NaCl com diâmetro significativamente reduzido em relação ao sal refinado convencional, tem se mostrado uma estratégia promissora para a redução de sódio em produtos cárneos. Sua menor granulometria favorece a rápida dissolução na saliva, intensificando a percepção salina e permitindo a diminuição do teor de sal sem comprometer o perfil sensorial do produto (Rios-Mera *et al.*, 2019; 2020). Modificações na granulometria, morfologia e organização espacial do sal vêm sendo exploradas como alternativas para otimizar sua liberação de sabor (Rios-Mera *et al.*, 2021). Tal abordagem é relevante, uma vez que estudos indicam que entre 70% e 95% do NaCl adicionado à formulação permanece retido na matriz alimentar, não sendo efetivamente solubilizado durante a mastigação (Phan *et al.*, 2008).

### 3.5.1 Formas de obtenção

A redução do tamanho de partícula e alterações estruturais no NaCl são estratégias eficazes para diminuir o teor de sódio mantendo as características sensoriais. Métodos como

moagem em moinho de bolas, secagem por spray dryer e secagem eletrodinâmica são aplicáveis. A moagem promove fragmentação por compressão, cisalhamento e impacto (Giraud *et al.*, 2021; Yokoyama e Inoue, 2007). Freire *et al.* (2015) utilizaram moagem com bolas cerâmicas e peneiramento (malhas 100–325), reduzindo o diâmetro médio de 380 µm para 25 µm. Yi *et al.* (2017) demonstraram que o tipo de solvente - ácido láctico, acético ou cítrico - e a concentração de NaCl afetam diretamente o tamanho cristalino, variando entre 1 e 4 µm.

### 3.5.2 Aplicação em produtos cárneos

Galvão *et al.* (2014) observaram que a redução de até 30% de sal em presunto de peru, com ou sem uso de SM, não comprometeu a aceitação global pelos consumidores. No entanto, notou-se menor percepção de salinidade e intensidade de tempero. Reduções mais severas afetaram negativamente a textura, tornando o produto mais seco e quebradiço, sem impacto significativo na cor. Resultados semelhantes foram encontrados por Raybaudi-Massilia *et al.* (2019), ao substituírem parcialmente o sal refinado por microesferas salinas em presunto cozido, peito de peru e salsichas. As formulações mantiveram estabilidade sensorial e microbiológica, confirmando o SM como alternativa viável para reduzir o sódio.

Em hambúrgueres bovinos, Rios-Mera *et al.* (2021) mostraram que a formulação com 1% de SM preservou os atributos sensoriais em relação à versão com 1,5% de sal refinado, apesar da maior perda por cocção e textura menos satisfatória. Araújo *et al.* (2024) testaram a adição de SM junto à gordura em salsichas frescas, alcançando redução de até 50% no sódio sem prejuízo às propriedades físico-químicas, texturais, microbiológicas e tecnológicas. Embora a mastigabilidade tenha sido inferior à do controle, a aceitação global foi mantida. A análise sensorial, conduzida com a técnica TCATA (*Temporal Check-All-That-Apply*), não revelou diferenças significativas entre as formulações, indicando a viabilidade da aplicação. Os autores, no entanto, destacam a necessidade de investigar a susceptibilidade à oxidação de proteínas e lipídios nessas formulações.

Complementarmente, Rosa *et al.* (2023) demonstraram que a combinação de SM, ultrassom de alta intensidade e baixos níveis de KCl permitiu reduzir em 50% o NaCl em embutido tipo Bologna, mantendo a qualidade tecnológica e sensorial. Esses resultados reforçam o potencial do SM como ferramenta eficaz na reformulação de produtos cárneos com menos sódio, sem comprometer funcionalidade nem aceitação do consumidor.

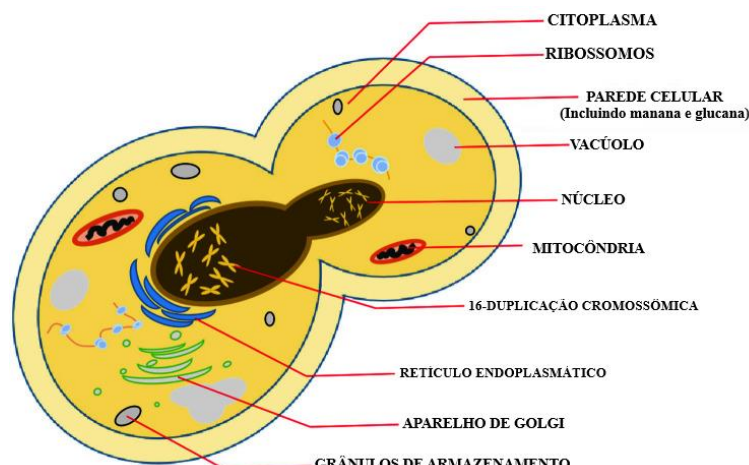
### 3.6 REALÇADORES DE SABOR

Realçadores de sabor são amplamente utilizados na indústria cárnea para intensificar o sabor natural dos alimentos, sendo o NaCl o principal agente. Sua substituição exige o uso de compostos como glutamato monossódico (GMS), nucleotídeos como inosina monofosfato (IMP) e guanosina monofosfato (GMP), extrato de levedura autolisado e proteínas vegetais hidrolisadas (Pearson e Gillett, 1996b; Desmond, 2006). Embora o mecanismo de ação ainda não seja totalmente elucidado, esses compostos modulam a interação entre receptores gustativos e aromatizantes, ampliando a percepção sensorial (Hegenbart, 1994).

#### 3.6.1 Extrato de levedura

O extrato de levedura é amplamente utilizado na indústria de alimentos por suas propriedades funcionais e nutricionais. Obtido da ruptura de células de leveduras, ilustrada na Figura 2, como *Saccharomyces cerevisiae*, *Candida utilis*, *Candida tropicalis* e *Kluyveromyces marxianus*, pode ser produzido por autólise, lise enzimática, ruptura mecânica ou uso de solventes (Jacob *et al.*, 2019). Também chamado de “hidrolisado de levedura”, é considerado seguro para consumo humano por agências reguladoras internacionais, como a Food and Drug Administration (FDA) e a European Food Safety Authority (EFSA) (Alim *et al.*, 2019b).

**Figura 2** – Diagrama esquemático da estrutura da levedura.



Adaptado de: (Tao *et al.*, 2022).

Apresenta baixo custo, ampla disponibilidade e elevado valor nutricional, sendo fonte de proteínas, vitaminas do complexo B, minerais e compostos bioativos. Segundo Vieira *et al.* (2016), o extrato obtido por esmagamento mecânico pode conter até 64,1% de proteína (base seca) e apenas 1,32% de lipídios, além de aminoácidos essenciais e antioxidantes. A levedura de cerveja é preferida devido ao alto teor proteico e estabilidade. A autólise induzida por sal é

um método comum para solubilizar proteínas e liberar compostos intracelulares, gerando um produto de ampla aplicação. O extrato pode ainda ser enriquecido com nucleotídeos, intensificando o sabor (Takaloo *et al.*, 2020).

Nos produtos cárneos, atua como agente umami, conferindo notas de carne e caldo. É um substituto eficaz do sal em formulações com redução de sódio, graças aos nucleotídeos inosina monofosfato (IMP), guanosina monofosfato (GMP) e adenosina monofosfato (AMP), que atuam sinergicamente com o ácido glutâmico, promovendo um sabor mais intenso do que o glutamato monossódico (GMS) isolado (Podpora *et al.*, 2016). Alim *et al.* (2020) demonstraram que o tratamento térmico do extrato induz a formação de compostos voláteis, como pirazinas e furanos, responsáveis por notas “umami” e “carne cozida”, o que o torna adequado para hambúrgueres, salsichas, caldos e carnes processadas (Jacob *et al.*, 2019).

### 3.6.2 Aplicação em produtos cárneos

O extrato de levedura (EL) tem se destacado como coadjuvante funcional em matrizes cárneas, especialmente para mitigar impactos sensoriais da substituição parcial de NaCl por sais alternativos. Em embutidos emulsificados de frango, a substituição de 20 a 40% de NaCl por KCl combinada ao EL manteve a textura, estabilidade microbiológica e aceitabilidade, com destaque para o reforço do aroma (Mohammadzadeh *et al.*, 2021).

Em presunto cozido, a adição de 1% de EL aumentou firmeza, resistência à mastigação e teor de compostos nitrogenados, favorecendo a estrutura da matriz proteica e sua estabilidade durante o armazenamento. Apesar da ausência de diferenças sensoriais significativas, os dados físico-químicos sugerem maior coesão e facilidade de fatiamento (Pancrazio *et al.*, 2016).

No processamento de carnes salgadas, a combinação de EL e lisina reduziu notas indesejáveis - como amargor e rancidez - causadas pela substituição de NaCl por KCl e CaCl<sub>2</sub>. A reformulação apresentou boa aceitação sensorial, mantendo a qualidade tecnológica e a segurança microbiológica, o que reforça o potencial do EL em produtos com rótulo *clean label* e menor teor de sódio (Vidal *et al.*, 2020).

Em frutos do mar marinados, o extrato de levedura intensificou o sabor umami pela liberação de aminoácidos livres, compensando a substituição de 50% do NaCl por KCl. A formulação manteve padrões microbiológicos adequados e alta aceitação sensorial, evidenciando o potencial do EL em pescados com redução de sal (Yilmaz, 2023).

## 4 METODOLOGIA

### 4.1 OBTENÇÃO DA MATÉRIA-PRIMA

O acém bovino, a gordura bovina e o sal foram adquiridos em estabelecimentos comerciais do município de Itapetininga, SP. A pimenta-do-reino (moída), o alho em pó, a cebola em pó e o eritorbato de sódio foram cedidos pela empresa IBRAC, localizada em Rio Claro, SP. O extrato de levedura foi fornecido por uma empresa especializada na fabricação de aditivos alimentares.

### 4.2 PREPARO DO SAL MICRONIZADO

Com base nos estudos de Rios-Mera *et al.* (2019, 2020), a utilização de sal micronizado (SM) possibilitou uma redução de 33% no teor de cloreto de sódio em hambúrgueres bovinos, sem comprometer significativamente as propriedades físico-químicas ou a aceitação sensorial do produto. Considerando tais evidências, o presente estudo propôs avaliar a aplicação conjunta de duas estratégias para redução de sódio: o emprego de sal micronizado e a incorporação de extrato de levedura, visando uma redução de 50% no teor de sal em relação à amostra controle (1,75% de NaCl). Foram testadas duas concentrações de extrato de levedura (1% e 2%) com a finalidade de atuar como realçador de sabor.

Dado o elevado teor de umidade característico do hambúrguer, a fim de evitar a dissolução prévia do sal no produto, sua aplicação foi realizada conforme o protocolo descrito por Rios-Mera *et al.* (2019). Esse procedimento envolveu a adição de metade da quantidade total de SM previamente misturada à gordura bovina, formando uma barreira lipídica capaz de minimizar sua solubilização na fase aquosa durante o processamento e armazenamento. A fração remanescente do sal foi incorporada diretamente à carne, com o objetivo de favorecer a extração de proteínas miofibrilares, fundamentais para a coesão e textura da matriz cárnea reestruturada.

O SM foi obtido a partir do NaCl comercial por meio de peneiramento com malha de 60 *mesh* (250  $\mu\text{m}$ ), a fim de reduzir o tamanho das partículas e ampliar a superfície de contato, promovendo maior percepção de salinidade.

### 4.3 ELABORAÇÃO DOS HAMBÚRGUERES BOVINOS

Foram elaboradas cinco formulações distintas de hambúrguer bovino, conforme descrito na Tabela 1. A formulação controle (C) continha 1,75% de NaCl comercial, valor estabelecido com base na média do teor de sódio informado nos rótulos nutricionais de quatro marcas comerciais brasileiras de hambúrguer. As demais formulações foram desenvolvidas com

redução de 50% no teor de sal (0,875% de NaCl): uma contendo NaCl comercial (RR), outra com sal micronizado (RM), e duas formulações com sal micronizado associado ao extrato de levedura nas concentrações de 1% (RM1) e 2% (RM2).

**Tabela 1** - Formulação (%) dos hambúrgueres bovinos

<b>Formulações</b>	<b>Carne bovina</b>	<b>Gordura bovina</b>	<b>NaCl comercial</b>	<b>Sal micronizado</b>	<b>Extrato de levedura</b>	<b>Água</b>
C	75	15	1,75	0	0	7,25
RR	75	15	0,875	0	0	8,13
RM	75	15	0	0,875	0	8,13
RM1	75	15	0	0,875	1	7,13
RM2	75	15	0	0,875	2	6,13

Tripolifosfato de sódio (0,3%), eritorbato de sódio (0,05%), pimenta preta (0,05%), alho em pó (0,3%), cebola em pó (0,3%) foram adicionados em todas as formulações

**Fonte:** (Autoria própria, 2025).

A carne bovina (acém) e a gordura foram previamente moídas em moedor industrial de carnes equipado com disco de perfuração de 8 mm. Posteriormente, a carne moída foi homogeneizada com água e cloreto de sódio por 3 minutos, visando favorecer a solubilização e extração das proteínas miofibrilares, fundamentais para a formação da matriz proteica do produto. Em seguida, os demais ingredientes - incluindo aditivos, condimentos, extrato de levedura e gordura bovina - foram incorporados à massa cárnea e misturados por mais 3 minutos, assegurando a uniformidade da formulação.

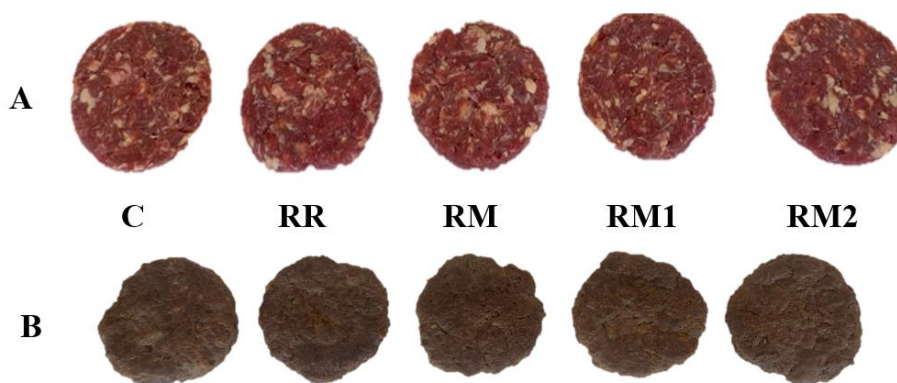
Nas formulações contendo NaCl comercial (C e RR), todo o teor de sal foi adicionado diretamente à carne moída. Já nas formulações com sal micronizado (RM, RM1 e RM2), o sal foi fracionado: metade foi incorporada à carne e a outra metade previamente misturada à gordura bovina, a fim de limitar sua solubilização precoce na fase aquosa, conforme descrito por Rios-Mera *et al.* (2019).

A moldagem dos hambúrgueres foi realizada manualmente, utilizando 100 g da massa por unidade, com auxílio de moldes cilíndricos com 10 cm de diâmetro e 1 cm de espessura. Os produtos foram embalados em filmes plásticos apropriados e armazenados sob congelamento a -18 °C até o momento das análises.

Para as análises físico-químicas e sensoriais dos produtos cozidos, os hambúrgueres foram submetidos ao cozimento em chapa elétrica previamente aquecida a 180 °C, até atingirem

a temperatura interna de 75 °C. A Figura 3 ilustra a aparência dos hambúrgueres crus e após o tratamento térmico.

**Figura 3** - Hambúrgueres crus (A) e após o cozimento (B).



**Fonte:** (Autoria própria, 2025).

#### 4.4 ANÁLISES DOS HAMBÚRGUERES BOVINOS

##### 4.4.1 Composição centesimal

A determinação do teor de umidade foi realizada por meio do método de secagem em estufa com circulação forçada de ar a 105 °C até peso constante, conforme descrito pela *Association of Official Analytical Chemists* (AOAC, 2010). O teor de cinzas foi obtido por incineração da matéria orgânica em forno mufla a 550 °C. A quantificação dos lipídeos totais foi conduzida por extração a quente, utilizando o método de *Goldfish* com hexano como solvente extrator. O conteúdo proteico foi determinado com base no teor de nitrogênio total, utilizando o método de *Kjeldahl*, sendo a conversão para proteína total realizada por meio do fator 6,25.

Todas as análises foram conduzidas em triplicata, tanto nas amostras cruas quanto nas cozidas. Os resultados foram expressos em base úmida e apresentados em porcentagem (%).

##### 4.4.2 Propriedades de cozimento

Três unidades de hambúrguer bovino de cada tratamento foram submetidas ao cozimento conforme descrito na Seção 4.3 e, em seguida, resfriadas à temperatura ambiente (~25 °C). A partir dessas amostras, determinaram-se os parâmetros de retenção de umidade (RU) (Equação 1) e retenção de lipídeos (RL) (Equação 2), com base nas massas dos hambúrgueres e nos teores de umidade e lipídeos antes e após o tratamento térmico. Os cálculos seguiram a metodologia proposta por Sánchez-Zapata *et al.* (2010).

$$RU (\%) = \frac{\text{Peso hambúrguer cozido} \times \% \text{ umidade hambúrguer cozido}}{\text{Peso hambúrguer cru} \times \% \text{ umidade hambúrguer cru}} \quad (1)$$

$$RL (\%) = \frac{\text{Peso hambúrguer cozido} \times \% \text{ lipídeos hambúrguer cozido}}{\text{Peso hambúrguer cru} \times \% \text{ lipídeos hambúrguer cru}} \quad (2)$$

**Adaptado de:** (Sánchez-Zapata *et al.*, 2010).

#### 4.4.3 Oxidação lipídica

A oxidação lipídica foi determinada em triplicata por meio da quantificação das substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS), utilizando o método Cd 19-90 da *American Oil Chemists' Society* (1990), com adaptações. Para a análise, 7 g de hambúrguer cozido foram homogeneizados com 0,015 g de ácido etilenodiamino tetra-acético (EDTA), 0,015 g de galato de propila e 15 mL de solução de ácido tricloroacético (TCA) a 7,5%. Após agitação orbital (1800 rpm, 1 min), adicionaram-se mais 15 mL da mesma solução de TCA, seguida de nova homogeneização.

A mistura foi filtrada utilizando papel filtro qualitativo nº 4 (125 mm) e 2,5 mL do filtrado foram adicionados de 2,5 mL de solução aquosa de ácido tiobarbitúrico (TBA) a 46 mM. As amostras foram incubadas em banho-maria a  $95 \pm 5$  °C por 35 minutos e, posteriormente, resfriadas em banho de gelo. A leitura da absorbância foi realizada em espectrofotômetro a 532 nm. Os valores de TBARS foram calculados com base em curva padrão de 1,1,3,3-tetraetoxipropano e expressos como miligramas de malonaldeído (MDA) por quilograma de amostra (mg MDA/kg).

#### 4.5 ANÁLISE DE DADOS

Foi adotado um delineamento em blocos casualizados, com dois blocos correspondentes a dois processamentos independentes. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e, quando identificadas diferenças significativas, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey, adotando-se um nível de significância de 5% ( $p < 0,05$ ). As análises estatísticas foram realizadas utilizando o software R (R Core Team, 2017).

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 COMPOSIÇÃO CENTESIMAL

Os resultados do teor de umidade, proteínas, lipídios e cinzas das diferentes formulações de hambúrgueres bovinos (crus e cozidos) estão apresentados na Tabela 2. Em relação ao teor de umidade das amostras cruas, não foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos ( $p > 0,05$ ). Resultados semelhantes foram reportados por Mohammadzadeh *et al.* (2021) para salsichas de frango com até 2% de extrato de levedura, Pancrazio *et al.* (2016) para presunto cozido, Yilmaz (2023) para camarão marinado com 1% de extrato de levedura, e Araújo *et al.* (2024) para linguças frescas contendo até 2% de sal micronizado.

Nos hambúrgueres cozidos, a umidade da amostra controle foi significativamente maior quando comparada aos tratamentos com 50% menos NaCl ( $p < 0,05$ ). O NaCl desempenha um papel crucial na solubilização das proteínas miofibrilares, o que favorece a retenção de água na matriz cárnea (Inguglia *et al.*, 2017). Assim, a redução do teor de sal nas formulações provavelmente resultou em maiores perdas de água durante o processo de cocção. Esse achado é corroborado pela análise de perda de peso durante o cozimento das amostras de hambúrgueres, na qual as formulações com redução de sal (exceto o RM) apresentaram maior perda de peso em comparação com o controle (dados referentes a estudo complementar deste trabalho, não apresentados).

**Tabela 2** - Composição centesimal (%) dos hambúrgueres crus e cozidos.

Parâmetros	C	RR	RM	RM1	RM2	EP
Hambúrguer cru						
Umidade	67,12 <sup>a</sup>	70,36 <sup>a</sup>	69,48 <sup>a</sup>	66,53 <sup>a</sup>	66,91 <sup>a</sup>	0,62
Cinza	2,73 <sup>a</sup>	1,92 <sup>b</sup>	1,87 <sup>b</sup>	2,03 <sup>b</sup>	2,13 <sup>b</sup>	0,11
Lipídeo	10,60 <sup>a</sup>	9,82 <sup>a</sup>	10,09 <sup>a</sup>	10,70 <sup>a</sup>	10,96 <sup>a</sup>	0,28
Proteína	16,41 <sup>ab</sup>	15,16 <sup>b</sup>	15,09 <sup>b</sup>	16,15 <sup>ab</sup>	16,72 <sup>a</sup>	0,40
Hambúrguer cozido						
Umidade	61,94 <sup>a</sup>	59,18 <sup>b</sup>	59,08 <sup>b</sup>	58,62 <sup>b</sup>	57,00 <sup>b</sup>	0,57
Cinza	3,25 <sup>a</sup>	2,48 <sup>b</sup>	2,49 <sup>b</sup>	2,46 <sup>b</sup>	2,76 <sup>b</sup>	0,10
Lipídeo	9,87 <sup>a</sup>	10,31 <sup>a</sup>	10,95 <sup>a</sup>	10,87 <sup>a</sup>	11,02 <sup>a</sup>	0,30
Proteína	21,90 <sup>a</sup>	25,65 <sup>a</sup>	26,22 <sup>a</sup>	26,07 <sup>a</sup>	26,0 <sup>a</sup>	0,64

C (1,75% de NaCl comercial); RR (0,875% de NaCl comercial); RM (0,875% de sal micronizado); RM1 (0,875% de sal micronizado e 1% de extrato de levedura); RM2 (0,875% de sal micronizado e 2% de extrato de levedura). EP: erro padrão. Valores seguidos por letras diferentes na mesma linha apresentam diferença significativa ( $p < 0,05$ ), pelo teste de Tukey.

**Fonte:** (Autoria própria, 2025).

A redução no teor de umidade dos hambúrgueres cozidos em comparação aos crus foi esperada, devido à desnaturação térmica e mudanças estruturais nas proteínas da carne. A miosina, por exemplo, sofre desnaturação entre 40°C e 53°C (Brüggemann *et al.*, 2010), enquanto a actina e o encolhimento das miofibrilas começam entre 66°C e 73°C, processos que são fundamentais para a estruturação da matriz proteica (Martens *et al.*, 1982).

O teor de cinzas dos hambúrgueres (crus e cozidos) apresentou diferenças significativas entre o controle e os demais tratamentos com 50% de redução de sódio ( $p < 0,05$ ). Esse resultado está relacionado ao maior conteúdo de NaCl na amostra controle, uma vez que o teor de cinzas reflete o conteúdo mineral total. A tendência observada é consistente com outros estudos, como Araújo *et al.* (2024), que estudaram a redução de sal em linguiças, e Saavedra *et al.* (2022), que investigaram hambúrgueres de peixe. Além disso, observou-se um aumento no teor de cinzas após o cozimento dos hambúrgueres. Esse resultado está diretamente relacionado ao processo de grelha (cozimento a seco), que reduz significativamente o teor de umidade. Com menos água presente, os constituintes não-voláteis, como os minerais, tornam-se proporcionalmente mais concentrados, resultando em um aumento na concentração de cinzas nas amostras cozidas (Olagunju e Nwachukwu, 2020).

Quanto ao teor de lipídeos, não houve variação significativa entre as amostras cruas e cozidas, nem entre os tratamentos com redução de sal e adição de extrato de levedura ( $p > 0,05$ ). Esse comportamento também foi observado em outros produtos como presuntos cozidos (Pancrazio *et al.*, 2016) e mortadela tipo Bolonha (Rosa *et al.*, 2023), sendo que os teores lipídicos se mantiveram dentro do limite máximo de 25% estabelecido pela legislação brasileira (Brasil, 2022b).

No caso da proteína, os hambúrgueres crus não apresentaram diferenças significativas em relação ao controle, mas entre os tratamentos com redução de sal, a formulação RM2 (com 2% de extrato de levedura) apresentou teor proteico significativamente maior ( $p < 0,05$ ) do que as formulações RR e RM. Isso pode ser explicado pela maior quantidade de extrato de levedura, que contém de 63,1% a 77,5% de proteína em sua composição, conforme sua ficha técnica. Após a cocção, não houve variação significativa no teor proteico entre as amostras ( $p > 0,05$ ). Esse comportamento é semelhante ao observado em outros estudos com produtos como mortadela tipo Bolonha (Rosa *et al.*, 2023) e presunto cozido com 1% de extrato de levedura (Pancrazio *et al.*, 2016).

Por fim, um aumento na concentração proteica também foi observado após o cozimento, o que pode ser atribuído ao processo de perda de umidade durante a cocção. Esse fenômeno foi relatado em estudos com diversos tipos de carnes (Pedrosa e Cozzolino, 2001; Vieira *et al.*,

2007). Além disso, os teores de proteína permanecem acima do limite mínimo de 15%, conforme estabelecido pela legislação brasileira (Brasil, 2022b).

## 5.2 PROPRIEDADES DE COZIMENTO

Os resultados da Tabela 3 apresentam os dados de retenção de umidade (RU) das diferentes formulações de hambúrgueres bovinos, os quais variaram de 51,3% a 60,7%. Observa-se que as amostras com 50% de redução de sódio apresentaram uma menor RU, com diferenças significativas em relação à amostra controle ( $p < 0,05$ ). A redução na concentração de cloreto de sódio pode ter diminuído a interação sódio-proteína na matriz alimentar. O NaCl tem a função de solubilizar as proteínas miofibrilares, facilitando a formação de uma rede proteica que, por sua vez, aumenta a capacidade de retenção de água na carne. Com a diminuição do teor de sódio, a solubilização das proteínas miofibrilares é reduzida, o que leva a uma formação menos eficiente do gel proteico e, conseqüentemente, a uma menor retenção de água (Gaudette *et al.*, 2019).

Valores semelhantes foram observados em hambúrgueres bovinos contendo óleo de peixe e NaCl comercial ou micronizado, cujos valores variaram de 55,42% a 56,60% (Rios-Mera *et al.*, 2021). Também foram encontrados resultados similares em hambúrgueres bovinos com substituição da gordura animal por subproduto de abacaxi e óleo de canola, cujos valores variaram de 48,96% a 63,39% (Selani *et al.*, 2016).

**Tabela 3** - Retenção de umidade e lipídeos dos hambúrgueres bovinos.

<b>Amostras</b>	<b>Retenção de umidade (%)</b>	<b>Retenção de lipídeos (%)</b>
C	60,7 <sup>a</sup>	61,06 <sup>a</sup>
RR	51,3 <sup>b</sup>	65,24 <sup>a</sup>
RM	52,8 <sup>b</sup>	66,41 <sup>a</sup>
RM1	54,1 <sup>b</sup>	61,32 <sup>a</sup>
RM2	51,6 <sup>b</sup>	62,05 <sup>a</sup>
EP	1,18	1,24

C (1,75% de NaCl comercial); RR (0,875% de NaCl comercial); RM (0,875% de sal micronizado); RM1 (0,875% de sal micronizado e 1% de extrato de levedura); RM2 (0,875% de sal micronizado e 2% de extrato de levedura). EP: erro padrão. Valores seguidos por letras diferentes na mesma coluna apresentam diferença significativa ( $p < 0,05$ ), pelo teste de Tukey.

**Fonte:** (Autoria própria, 2025).

Quanto à retenção de lipídeos nos hambúrgueres, os valores variaram de 61,06% a 66,41%, e não foram verificadas diferenças significativas entre as amostras ( $p > 0,05$ ). Isso indica que a redução de sal e a adição de extrato de levedura não afetaram a perda de gordura

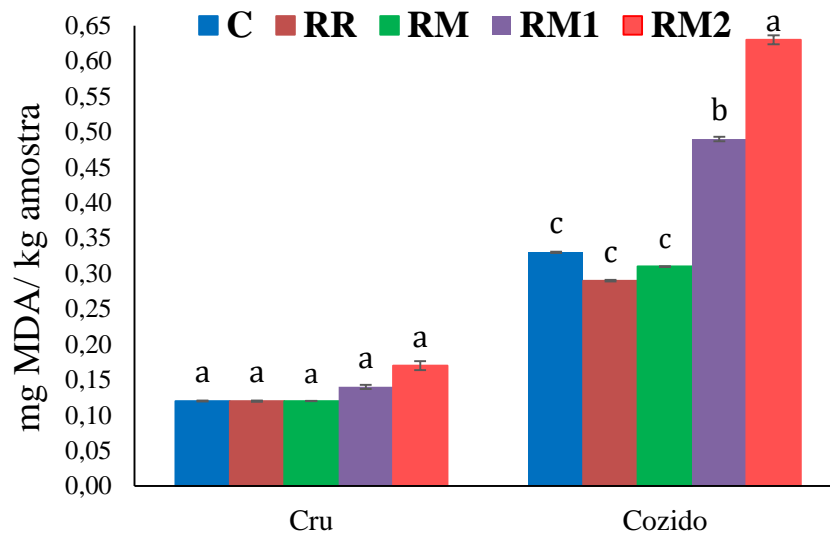
durante o cozimento. Os resultados obtidos neste estudo são semelhantes aos encontrados nas formulações controle nos estudos de Selani *et al.* (2016) (57,80%) e Lucas-González *et al.* (2019) (62,19%). No entanto, esses valores são inferiores aos observados em outros tratamentos, uma vez que nesses estudos foram incorporados ingredientes ricos em fibras, que possuem a capacidade de reter óleo/gordura na estrutura do produto.

### 5.3 OXIDAÇÃO LIPÍDICA

Os resultados da oxidação lipídica das diferentes formulações de hambúrgueres bovinos estão apresentados na Figura 4. Os valores de TBARS variaram entre 0,12 e 0,17 mg MDA/kg de amostra, sem efeitos significativos entre as formulações de hambúrgueres crus ( $p > 0,05$ ). Como a oxidação lipídica está diretamente relacionada à deterioração e à redução do *shelf life* dos produtos, esses resultados indicam estabilidade adequada durante o período analisado. Esses resultados são consistentes com os observados em estudos que envolveram carne salgada e adição de diferentes sais, lisina e extrato de levedura (Vidal *et al.*, 2020).

Para os hambúrgueres cozidos, os valores de TBARS variaram de 0,29 a 0,63 mg MDA/kg de amostra, sendo que o RM2 apresentou um valor significativamente maior ( $p < 0,05$ ) em comparação ao RM1. Ambos os tratamentos exibiram valores superiores em relação às demais formulações ( $p < 0,05$ ). Embora as amostras com extrato de levedura tenham apresentado maior índice de oxidação lipídica, até o momento, não há relatos na literatura que associem um efeito pró-oxidante ao extrato de levedura. Pelo contrário, alguns estudos indicam a presença de compostos fenólicos e atividade antioxidante no extrato de levedura (Vieira *et al.*, 2016).

Uma possível explicação para esses resultados pode estar relacionada aos interferentes na análise de TBARS. O método pode extrair componentes coloridos, como pigmentos e corantes, resultando em extratos com coloração (Domínguez *et al.*, 2019). Além disso, o extrato de levedura contém proteínas parcialmente hidrolisadas, com 35-40% de aminoácidos livres (Tomé, 2021). Compostos resultantes da decomposição e quebra de proteínas podem reagir com o ácido tiobarbitúrico, o que pode levar à superestimação dos resultados (Lau e King, 2003). Vidal *et al.* (2020) também não detectaram diferenças nos valores de TBARS em formulações de carne salgada com a adição de diferentes sais, lisina e extrato de levedura.

**Figura 4** – Oxidação lipídica dos hambúrgueres bovinos.

C (1,75% de NaCl comercial); RR (0,875% de NaCl comercial); RM (0,875% de sal micronizado); RM1 (0,875% de sal micronizado e 1% de extrato de levedura); RM2 (0,875% de sal micronizado e 2% de extrato de levedura). Letras diferentes apresentam diferença significativa ( $p < 0,05$ ), pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).

**Fonte:** (Autoria própria, 2025).

Avaliando o efeito da cocção na oxidação lipídica, os valores de TBARS foram mais elevados nos hambúrgueres cozidos em comparação aos crus. O aquecimento favorece a oxidação lipídica devido à ruptura da estrutura da célula muscular, facilitando o contato dos lipídios com o oxigênio. Além disso, o calor inativa enzimas antioxidantes, libera o ferro da mioglobina e reduz a energia de ativação necessária para a oxidação (Min e Ahn, 2005; Amaral *et al.*, 2018).

No entanto, os valores de TBARS nas amostras cruas e cozidas permaneceram abaixo de 2 mg MDA/kg, o que é considerado o limite aceitável para evitar a perda de qualidade sensorial e a percepção de oxidação pelo consumidor (Greene *et al.*, 1982). Isso sugere que, apesar da elevação observada nos valores de TBARS após a cocção, os hambúrgueres ainda mantiveram uma qualidade sensorial aceitável, sem comprometer a percepção de rancidez ou oxidação pelos consumidores.

## 6 CONCLUSÕES

A reformulação dos hambúrgueres bovinos com redução de 50% de NaCl, associada ao uso de sal micronizado e extrato de levedura, promoveu alterações na composição centesimal, com redução significativa nos teores de umidade e cinzas dos hambúrgueres cozidos, evidenciando o papel fundamental do NaCl na retenção de água e no aporte mineral da matriz cárnea.

A adição de 2% de extrato de levedura promoveu incremento no teor proteico das amostras cruas, o que pode ser atribuído à composição nitrogenada do próprio extrato, caracterizado por alto conteúdo de peptídeos e aminoácidos. Esse resultado sugere o potencial do extrato como ingrediente funcional na formulação de produtos cárneos enriquecidos.

Embora a substituição do NaCl por sal micronizado e a adição de extrato de levedura tenham resultado em maior perda de umidade durante o cozimento, a retenção de lipídios foi favorecida, um aspecto tecnológico relevante para a manutenção da suculência, textura e liberação de sabor do produto final.

A análise de oxidação lipídica demonstrou que a reformulação não comprometeu a estabilidade oxidativa das amostras cruas, e, apesar do aumento nos valores de TBARS nas amostras com extrato de levedura após cocção, esses permaneceram dentro de limites aceitáveis, não comprometendo a qualidade sensorial e a segurança do produto.

Portanto, este estudo evidencia que o uso combinado de sal micronizado e extrato de levedura constitui uma estratégia viável para reduzir o teor de sódio em hambúrgueres, preservando características tecnológicas e nutricionais importantes. Trata-se de uma abordagem promissora para o desenvolvimento de produtos cárneos com apelo mais saudável, em consonância com as atuais demandas de consumidores e diretrizes de saúde pública.

Entretanto, recomenda-se a realização de análises sensoriais complementares para avaliar a aceitação do consumidor, assim como monitoramento da oxidação lipídica, dado seu impacto direto no shelf life e na qualidade sensorial do produto, a fim de validar a aplicabilidade comercial da reformulação proposta.

## 7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AFSHIN, A.; SUR, P. Health effects of dietary risks in 195 countries, 1990–2017: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2017. **The Lancet**, v. 393, p. 1958-1972, 2019.

ALBARRACÍN W.; SÁNCHEZ I. C.; G. R.; BARAT J. M. Salt in food processing; usage and reduction: a review. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 46, p. 1329–1336, 2011.

ALIM, A.; YANG, C.; SONG, H.; LIU, Y.; ZOU, T.; ZHANG, Y.; ZHANG, S. The behavior of umami components in thermally treated yeast extract. **Food Research International**, v. 120, p. 534–543, jun. 2019a.

ALIM A.; SONG H.; YANG C.; LIU Y.; ZOU T.; ZHANG Y.; ZHANG S. The changes of the perception of bitter constituents. *In*: thermally treated yeast extract. **Journal of Food and Agriculture**, v. 99, p. 4651-4658, 2019b.

ALIÑO, M.; GRAU, R.; TOLDRÁ, F.; BLESA, E.; PAGÁN, J.M.; BARAT, J. M. Physicochemical properties and microbiology of dry-cured loins obtained by partial sodium replacement with potassium, calcium and magnesium. **Meat Science**, v. 85, p. 580–588, 2010.

ALVES, L. A. A. dos S.; LORENZO, J. M.; GONÇALVES, C. A. A.; SANTOS, B. A. dos; HECK, R. T.; CICHOSKI, A. J.; CAMPAGNOL, P. C. B. Impact of lysine and liquid smoke as flavor enhancers on the quality of low-fat Bologna-type sausages with 50% replacement of NaCl by KCl. **Meat Science**, v. 123, p. 50–56, 2017.

AMARAL, A. B.; SILVA, M. V. da; LANNES, S. C. da S. Lipid oxidation in meat: mechanisms and protective factors - a review. **Food Science and Technology**, v. 38, p. 1–15, 2018.

AOCS – AMERICAN OIL CHEMISTS' SOCIETY. Official methods and recommended practices of the American Oil Chemists' Society. 7. ed. Champaign: **AOCS**, 1990. Método Cd 19-90: 2-Thiobarbituric Acid Value, Direct Method.

ARAÚJO, C. D. L. de; KRAUSKOPF, M. M.; MANZI, J. A. S.; BARBOSA, J. A. L.; CAVALCANTE, C. L.; FELTRE, G.; RIOS-MERA, J. D.; SALDAÑA, E.; CONTRERAS

CASTILLO, C. J. Impact of micronized salt in reducing the sodium content in fresh sausages. **Foods**, v. 13, p. 459, 2024.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS - AOAC. Official methods of analysis of AOAC International. 18th. ed. **Gaithersburg: Association of Official Analytical Chemists**. 2010. 1094 p.

BANNWART, G. C. M. C.; SILVA, M. E. M. P.; VIDAL, G. Redução de sódio em alimentos: panorama atual e impactos tecnológicos, sensoriais e de saúde pública. **Nutrire**, v. 39, n. 3, p. 348–365, 2014.

BERTELSEN, A. S.; ZENG, Y.; MIELBY, L. A.; SUN, Y.-X.; BYRNE, D. V.; KIDMOSE, U. Cross-modal effect of vanilla aroma on sweetness of different sweeteners among Chinese and Danish consumers. **Food Quality and Preference**, [S.l.], v. 87, p. 104036, 2021.

BORJES, L. C. Alimentos Industrializados fontes de sódio utilizados no preparo de refeições em restaurantes comerciais de Chapecó-SC. **Demetra**, v. 9, p. 83-97, 2014.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Instrução Normativa nº 161, de 1º de julho de 2022. Estabelece os padrões microbiológicos dos alimentos. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, n. 127, p. 151, 6 jul. 2022a.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Portaria SDA nº 724, de 23 de dezembro de 2022. Aprova o Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade do hambúrguer. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, n. 242, p. 10, 26 dez. 2022b.

BRÜGGEMANN, D. A.; BREWER, J.; RISBO, J.; BAGATOLLI, L. Second harmonic generation microscopy: a tool for spatially and temporally resolved studies of heat-Induced structural changes in meat. **Food Biophysics**, v. 5, p. 1-8, 2010.

CHIAPPINI, C. C. de J. Aromas naturais produzidos por microrganismos. **Food Ingredients Brazil**, v. 10, 2008. p. 22. 2008.

CHOI, Y. S.; SUNG, J. M.; JEONG, T. J.; HWANG, K. E.; SONG, D. H.; HAM, Y. K.; KIM, C. J. Effect of irradiated pork on physicochemical properties of meat emulsions. **Radiation Physics and Chemistry**, v. 119, p. 279-281, 2016.

CLUFF, M.; KOBANE, I.A.; BOTHMA, C.; HUGO, C. J.; HUGO, A. Intermediate added salt levels as sodium reduction strategy: Effects on chemical, microbial, textural and sensory quality of polony. **Meat Science**, v. 133, p. 143-150, 2017.

COLLABORATORS, G. D. Health effects of dietary risks in 195 countries, 1990–2017: A systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2017. **The Lancet**, v. 393, p. 1958–1972, 2019.

COSTA-CORREDOR, A.; SERRA, X.; ARNAU, J.; GOU, P. Reduction of NaCl content in restructured dry-cured hams: post-resting temperature and drying level effects on physicochemical and sensory parameters. **Meat Science**, v. 83, p. 390-397, 2009.

DESMOND, E. Reducing salt: A challenge for the meat industry. **Meat Science**, v. 74, p. 188–196, 2006.

DOMÍNGUEZ, R.; PATEIRO, M.; GAGAOUA, M.; BARBA, F. J.; ZHANG, W.; LORENZO, J. M. A comprehensive review on lipid oxidation in meat and meat products. **Antioxidants**, v. 8, n. 10, p. 429, 2019.

EVBUOMWAN, S. A.; OMOTOSHO, O. E.; AKINOLA, O. O. Monosodium glutamate: health risks, controversies and future perspectives. **Journal of Pharmaceutical Research International**, [S.l.], v. 57, n. 6, p. 25–41, 2023.

FRANÇA, F.; HARADA-PADERMO, S. S.; FRASCETO, R. A.; SALDAÑA, E.; LORENZO, J. M.; VIEIRA, T. M. F. S.; SELANI, M. M. Umami ingredient from *shiitake* (*Lentinula edodes*) by-products as a flavor enhancer in low-salt beef burgers: effects on physicochemical and technological properties. **LWT – Food Science and Technology**, v. 154, p. 1–10, 2022.

FREIRE, T. V. M.; FREIRE, D. O.; SOUZA, V. R.; GONÇALVES, C. S.; CARNEIRO, J. D. S.; NUNES, C. A.; PINHEIRO, A. C. M. Salting potency and time-intensity profile of microparticulated sodium chloride in shoestring potatoes. **Journal of Sensory Studies**, v. 30, p. 1–9, 2015.

GALVÃO, M. T. E. L.; MOURA, D. B.; BARRETTO, A. C.; POLLONIO, M. A. R. Effects of micronized sodium chloride on the sensory profile and consumer acceptance of turkey ham with reduced sodium content. **Food Science and Technology**, v. 34, p. 189-194, 2014.

GAO R.; SHI T.; SUN Q.; LI X.; MCCLEMENTS D. J.; YUAN L. Effect of L-histidine on the heat-Induced aggregation of bighead carp myosin in low/high ionic strength solution. **Food Hydrocolloids**, v. 75, p. 174–181, 2018.

GARCIA, C. E. R.; BOLOGNESI, V. J. B.; SHIMOKOMAKI, M. Aplicações tecnológicas e alternativas para redução do cloreto de sódio em produtos cárneos. **Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos**, v. 31, n. 1, p. 139–150, 2013.

GAUDETTE, N. J.; PIETRASIK, Z.; JOHNSTON, S. P. Application of taste contrast to enhance the saltiness of reduced sodium beef patties. **LWT - Food Science and Technology**, v. 116, p. 108585, 2019.

GIRAUD, M.; GATUMEL, C.; VAUDEZ, S.; NOS, J.; GERVAIS, T.; BERNARDGRANGER, G.; BERTHIAUX, H. Investigating grinding mechanisms and scaling criteria in a ball mill by dimensional analysis. **Advanced Powder Technology**, v. 32, p. 2988-3001, 2021.

GREENE, B. E.; CUMUZE, T. H. Relationship between TBA numbers and Inexperienced panelists' assessments of oxidized flavor in cooked beef. **Journal of Food Science**, v. 47, n. 1, p.52-54, 1982.

GUÀRDIA M. D.; GUERRERO L.; GELABERT J. P. GOU; ARNAU J. Sensory characterisation and consumer acceptability of small caliber fermented sausages with 50% substitution of NaCl by mixtures of KCl and potassium lactate. **Meat Science**, v. 80, n. 4, p. 1225-1230, 2008.

GUINEE, T. P. Salting and the role of salt in cheese. **International Journal of Dairy Technology**, v. 57, n. 2-3, p. 99–109, 2004.

GUINEE, T. P.; FOX, P. F. Salt in cheese: physical, chemical and biological aspects. *In*: MCCSWEENEY, P. L. H. *et al.* (Ed.). *Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology*. 4th ed. London: **Academic Press**, 2017. cap. 13, p. 317–375.

GULLÓN, P.; ASTRA, G.; GULLÓN, B.; FRANCO, D.; CAMPAGNOL, P. C. B.; LORENZO, J. M. Inclusion of seaweeds as healthy approach to formulate new low-salt meat products. **Current Opinion in Food Science**, v. 40, p. 20-25, 2021.

HARADA-PADERMO, S. S.; DIAS-FACETO, L. S.; SELANI, M. M.; ALVIM, I. D.; FLOH, E. S.; MACEDO, A. F.; BOGUSZ, S.; DIAS, C. T. S.; CONTI-SILVA, A. C.; VIEIRA, T. M. F. S. Ingrediente Umami: Intensificador de sabor de subprodutos de *shiitake* (*Lentinula edodes*). **Food Research International**, v. 137, p. 1958-1972, 2020.

HE F. J.; TAN M.; MA Y.; MACGREGOR G. A. Salt reduction to prevent hypertension and cardiovascular disease: JACC State-of-the-Art Review. **Journal of the American College of Cardiology**, v. 75, n. 6, p. 632–647, 2020.

HE, F. J.; MACGREGOR, G. A. Dietary salt, high blood pressure and other harmful effects on health. In: KILCAST, D.; ANGUS, F. (ed.). Reducing salt in foods: Practical strategies. Boca Raton: Woodhead Publishing Limited, **CRC Press**, 2007. p. 18–54.

HEDHILI, A.; LUBBERS, S.; BOU-MAROUN, E.; GRIFFON, F.; AKINYEMI, B. E.; HUSSON, F.; VALENTIN, D. Moringa Oleifera supplemented biscuits: Nutritional values and consumer segmentation. **South African Journal of Botany**, [S.l.], v. 138, p. 406–414, 2021.

HEGENBART, S. Filtering the facts on flavor enhancers. **Food Product Design**, v. 62, n. 6, p. 1–17, jun. 1994.

HENNEY, J. E.; TAYLOR, C. L.; BOON, C. S. (ed.). Strategies to reduce sodium intake in the United States. Washington, D.C.: **National Academy of Sciences**, 2010. 506 p.

HUTTON, T. Sodium technological functions of salt in the manufacturing of food and drink products. **British Food Journal**, v. 104, p. 126–152, 2002.

INGUGLIA, E. S.; ZHANG, Z.; TIWARI, B. K.; KERRY, J. P.; BURGESS, C. M. Salt reduction strategies in processed meat products - A review. **Trends in Food Science e Technology**, v. 59, p. 70-78, 2017.

JACOB F. F.; STRIEGEL L.; RYCHLIK M.; HUTZLER M.; METHNER F. Yeast extract production using spent yeast from beer manufacture: Influence of Industrially applicable

disruption methods on selected substance groups with biotechnological relevance. **European Food Research Technology**, v. 245, p. 1169-1182, 2019.

LAU, D. W.; KING, A. J. Pre-and post-mortem use of grape seed extract in dark poultry meat to inhibit development of thiobarbituric acid reactive substances. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 51, n. 6, p. 1602-1607, 2003.

LI, K.; FU, L.; ZHAO, Y.; XUE, S.; WANG, P.; XU, X.; BAI, Y. Use of high-intensity ultrasound to improve emulsifying properties of chicken myofibrillar protein and enhance the rheological properties and stability of the emulsion. **Food Hydrocolloids**, v. 98, p. 105275, 2020.

LIN, M.; LIU, X.; XU, Q.; SONG, H.; LI, P.; YAO, J. Aroma-active components of yeast extract pastes with a basic and characteristic meaty flavour. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 94, p. 882–889, 2013.

LIU, H.; ZHANG, H.; LIU, Q.; CHEN, Q.; KONG, B. Filamentous myosin in low-ionic strength meat protein processing media: Assembly mechanism, impact on protein functionality, and inhibition strategies. **Trends in Food Science e Technology**, v. 112, p. 25-35, 2021.

LORENZO J. M; CITTADINI A.; BERMÚDEZ R.; MUNEKATA P. E.; DOMÍNGUEZ R. Influence of partial replacement of NaCl with KCl, CaCl<sub>2</sub> and MgCl<sub>2</sub> on proteolysis, lipolysis and sensory properties during the manufacture of dry-cured lacón. **Food Control**, v. 55, p. 90–96, 2015.

LOREN, N.; NIIMI, J.; HÖGLUND, E.; ALBIN, R.; RYTTER, E.; BJERRE, K.; NIELSEN, T. Sodium reduction in foods: challenges and strategies for technical solutions. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 88, n. 3, p. 885–900, 2023.

LUCAS-GONZÁLEZ, R.; ROLDÁN-VERDU, A.; SAYAS-BARBERÁ, E.; FERNÁNDEZ-LÓPEZ, J.; PÉREZ-ÁLVAREZ, J. A.; VIUDA-MARTOS, M. Assessment of emulsion gels formulated with chestnut (*Castanea sativa M.*) flour and chia (*Salvia hispanica L*) oil as partial fat replacers in pork burger formulation. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 100, p. 1265-1273, 2019.

MARÍN, D.; ALEMÁN, A.; MONTERO, P.; GÓMEZ-GUILLÉN, M. C. Protein aggregation, water binding and thermal gelation of salt-ground hake muscle in the presence of wet and dried soy phosphatidylcholine liposomes. **Food Hydrocolloids**, v. 82, p. 466–477, 2018.

MARTENS, H.; STABURSVIK, E.; MARTENS, M. Texture and color changes in meat during cooking related to thermal denaturation of muscle proteins. **Journal of Texture Studies**, v. 13, p. 291-309, 1982.

MCCLEMENTS, D. J. Food emulsions: principles, practice, and techniques. Boca Raton: **CRC Press**, 2005. 714 p.

MILL, J. G.; MALTA, D. C.; MACHADO, Í. E.; PATE, A.; PEREIRA, C. A.; JAIME, P. C.; SZWARCOWALD, C. L.; ROSENFELD, L. G. Estimativa do consumo de sal pela população brasileira: resultado da Pesquisa Nacional de Saúde 2013. **Revista Brasileira De Epidemiologia**, v. 22, p. 1–14, 2019.

MILL, J. G.; MALTA, D. C.; NILSON, E. A. F.; MACHADO, Í. E.; JAIME, P. C.; BERNAL, R. T. I.; CARDOSO, L. S. M.; SZWARCOWALD, C. L. Factors associated with salt intake in the Brazilian adult population: National Health Survey. **Revista Ciência & Saúde Coletiva**, v. 26, n. 2, p. 555–567, fev. 2021.

MIN, B.; AHN, D. U. Mechanism of lipid peroxidation in meat and meat products - A review. **Food Science and Biotechnology**, v. 14, n. 1, p. 152-163, 2005.

MOHAMMADZADEH, M.; BERIZI, E.; SHEKARFOROUSH, S. S. Influence of limited replacement of NaCl with KCl and yeast extract on microbiological, chemical, sensory, and textural properties of emulsion-type chicken sausages. **Food Science e Nutrition**, v. 9, n. 4, p. 2308-2315, 2021.

MONTEIRO, C. A.; LEVY, R. B. Velhos e novos males da saúde no Brasil: de Geisel a Dilma. 1. ed. São Paulo: **Hucitec**, 2015. 384 p.

MUDALAL, S.; PETRACCI, M. Effect of sodium chloride replacement with potassium chloride on quality traits of bicarbonate-marinated turkey breast meat. **Brazilian Journal of Poultry Science**, v. 21, n. 3, p. 001-008, 2019.

NIETO, G.; LORENZO, J. M. Use of olive oil as fat replacer in meat emulsions. **Current Opinion in Food Science**, v. 40, p. 179-186, 2021.

NILSON, E. A. F. The strides to reduce salt Intake in Brazil: have we done enough? **Cardiovascular Diagnosis and Therapy**, v. 5, n. 3, p. 243–247, 2015.

NILSON, E. A. F.; JAIME, P. C.; RESENDE, D. O. Initiatives developed in Brazil to reduce sodium content of processed foods. **Revista Panamericana de Salud Pública**, v. 32, n. 4, p. 287–292, 2012.

OJANGBA T.; ZHANG L.; BOAMAH S.; GAO Y.; WANG. Z; AMAGLOH F. K. Effects of sodium chloride (NaCl) partial substitution by potassium chloride (KCl) in combination with high pressure on sensory and chemical properties of beef sausage during cold storage at 4°C. **CyTA - Journal of Food**, v. 20, n. 1, p. 412–420, 2022.

OLAGUNJU, A.; NWACHUKWU, D. The differential effects of cooking methods on the nutritional properties and quality attributes of meat from various animal sources. **Croatian Journal of Food Science and Technology**, v. 12, n. 1, p. 37-47, 2020.

OLIVEIRA, D. F.; COELHO, A. R.; BURGARDT, V. C. F.; HASHIMOTO, E. H.; LUNKES, A. M.; MARCHI, J. F.; TONIAL, I. B. Alternativas para um produto cárneo mais saudável: uma revisão. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 16, n. 3, p. 163-174, 2013.

PANCRAZIO, G.; CUNHA, S. C.; PINHO, P. G.; LOUVEIRO, M.; MEIRELES, S.; FERREIRA, I. M. P. L. V. O.; PINHO, O. Spent brewer's yeast extract as an Ingredient in cooked hams. **Meat Science**, v. 121, p. 382-389, 2016.

PEARSON, A. M.; TAUBER F. W. Processed meats. 3th ed. **New York: Chapman e Hall**, 1996a. 448p.

PEARSON, A. M.; GILLETT, T. A. Casings, extenders, and additives. *In: Processed Meats*. 3th ed. New York: Chapman and Hall, 1996b. p. 291–310.

PEDROSA, L. F. C.; COZZOLINO, S. M. F. Composição centesimal e de minerais de mariscos crus e cozidos da cidade de Natal/RN. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 21, n. 2, p. 154-157, 2001.

PHAN, V. A.; YVEN, C.; LAWRENCE, G.; CHABANET, C.; REPARET, J. M.; SALLES, C. in vivo sodium release related to salty perception during eating model cheeses of different textures. **International Dairy Journal**, v. 18, p. 956-963, 2008.

PINTO, J. R. R.; COSTA, F. N. Consumo de produtos processados e ultraprocessados e o seu impacto na saúde dos adultos. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 14, 2021.

PODPORA, B.; WIDERSKI, F.; SADOWSKA, A.; RAKOWSKA, R.; WASIAK-ZYS, G. Spent brewer's yeast extracts as a new component of functional food. **Archives of Animal Nutrition**, v. 34, p. 554–563, 2016.

QUILAQUEO, M.; DUIZER, L.; AGUILERA, J. M. The morphology of salt crystals affects the perception of saltiness. **Food Research International**, v 76, p. 675-681, 2015.

R CORE TEAM. R: A language and environment for statistical computing. Vienna: **R Foundation for Statistical Computing**, 2017.

RAMA, R.; CHIU, N.; DA SILVA, C.; HEWSON, L.; HORT, J.; FISK, I.D. Impact of salt crystal size on Inmouth delivery of sodium and saltiness perception from snack foods. **Journal of Texture Studies**, v. 44, p. 338-345, 2013.

RAYBAUDI-MASSILIA, R.; MOSQUEDA-MELGAR, J.; ROSALES-OBALLOS, Y.; DE PETRICONE, R. C.; FRÁGENAS, N. N.; ZAMBRANO-DURÁN, A.; SAYAGO, K.; LARA; URBINA, G. New alternative to reduce sodium chloride in meat products: Sensory and microbiological evaluation. **LWT - Food Science and Technology**, v. 108, p. 253-260, 2019.

RÉVILLION, J. P. P.; BRANDELLI, A.; AYUB, M. A. Z. Produção de extratos de leveduras de uso alimentar a partir do soro de queijo: abordagem de elementos técnicos e mercadológicos relevantes. **Food Science and Technology**, v. 20, p. 246–249, 2000.

RIOS-MERA, J. D.; SALDAÑA, E.; CRUZADO-BRAVO, M. L. M.; PATINHO, I.; SELANI, M. M.; VALENTIN, D.; CONTRERAS-CASTILLO, C. J. Reducing the sodium content without modifying the quality of beef burgers by adding micronized salt. **Food Research International**, v. 121, p. 288-295, 2019.

RIOS-MERA, J. D.; SALDAÑA, E.; CUZADO-BRAVO, M. L. M.; MARTINS, M. M.; PATINHO, I.; SELANI, M. M.; VALENTIN, D.; CONTRERAS-CASTILLO, C. J. Impact of the content and size of NaCl on dynamic sensory profile and instrumental texture of beef burgers. **Meat Science**, v. 161, p. 107992, 2020.

RIOS-MERA, J. D.; SALDAÑA, E.; CUZADO-BRAVO, M. L. M.; MARTINS, M. M.; PATINHO, I.; SELANI, M. M.; CONTRERAS-CASTILLO, C. J. Incorporation of micronized salt in beef burgers enhances the salty taste and oxidative stability. **Meat Science**, v. 174, p. 108462, 2021.

RODRIGUES, F. M.; ROSENTHAL, A.; TIBURSKI, J. H.; CRUZ, A. G. da. Alternatives to reduce sodium in processed foods and the potential of high pressure technology. **Food Science and Technology**, v. 35, n. 4, p. 623–635, 2015.

ROSA, E. A. A.; MARTINS, M. A.; DALA-PAULA, B. M. Redução de sódio em alimentos processados: uma revisão narrativa da literatura. **Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial**, Alfenas, MG, v. 16, n. 2, p. 3912–3935, jul./dez. 2022.

ROSA J. L.; RIOS-MERA J. D.; CASTILLO C. J. C.; LORENZO J. M.; PINTON M. B.; SANTOS B. A.; CORREA L. P.; HENN A. S.; CICHOSKI A. J.; FLORES E. M. M.; CAMPAGNOL P. C. B. High-power ultrasound, micronized salt, and low KCl level: An effective strategy to reduce the NaCl content of Bologna-type sausages by 50%. **Meat Science**, v. 195, 109012, 2023.

SAAVEDRA, A. R. L.; RIOS-MERA, J. D.; IMÁN, A.; VÁSQUEZ, J.; SALDAÑA, E.; SICHE, R.; TELLO, F. A sequential approach to reduce sodium chloride in freshwater fish burgers considering chemical, texture, and consumer sensory responses. **LWT – Food Science and Technology**, v. 167, p. 113854, 2022.

SÁNCHEZ-ZAPATA, E.; MUÑOZ, C. M.; FUENTES, E.; FERNÁNDEZ-LÓPEZ, J.; SENDRA, E.; SAYAS, E.; NAVARRO, C.; PÉREZ-ALVAREZ, J. A. Effect of tiger nut fibre on quality characteristics of pork burger. **Meat Science**, v. 85, p. 70-76, 2010.

SANTOS, E. A.; RIBEIRO, A. E. C.; OLIVEIRA, A. R.; MONTEIRO, M. L. G.; MÁRSICO, E. T.; MORGANO, M.; CALIARI, M.; JÚNIO, M. S. S. Sodium reduction in “spam-like”

product elaborated with mechanically separated tilapia meat. **LWT – Food Science and Technology**, v. 148, p. 111676, 2021.

SANTOS, G. R. O.; PINTO, R. S.; ALMEIDA, F. A.; SALES, M. V.; CÂNDIDO, M. J. A.; DE ALMEIDA, J. M. R.; CARVALHO, L. H. A. Estudo da composição centesimal de carnes bovinas cruas e cozidas e seus cortes. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 26, n. 1, p. 104-108, 2006.

SCHILLING, M. W.; BEHREND, J. M.; WILLIAMS, J. Byron; JACKSON, V. Flavor challenges of sodium reduction. *In: processed meat products. Proceedings of the 61st American Meat Science Association Reciprocal Meat Conference, Gainesville, Florida, 22-25 jun. 2008.* p. 1-5.

SELANI M. M.; SHIRADO G. A. N.; MARGIOTTA G. B.; SALDAÑA E.; SPADA F. P.; PIEDADE S. M. S.; CONTRERAS-CASTILLO C. J.; CANNIATII-BRAZACA S. G. Effects of pineapple byproduct and canola oil as fat replacers on physicochemical and sensory qualities of low-fat beef burger. **Meat Science**, v. 112, p. 69-76, 2016.

SHELEF, L. A.; SEITER, J. Indirect and miscellaneous antimicrobials. *In: DAVIDSON, P. M.; SOFOS, J. N.; BRANNEN, A. L. (Ed.). Antimicrobials in Food. Boca Raton: CRC Press, 2005.* p. 573–598.

SHEN, H.; HUANG, M.; ZHAO, M.; SUN, W. Interactions of selected ketone flavours with porcine myofibrillar proteins: The role of molecular structure of flavour compounds. **Food Chemistry**, v. 298, p. 125060, 2019.

SHIMOKOMAKI, M. Atualidades em ciência e tecnologia de carnes. São Paulo: **Varela**, p. 18–21, 2006.

STADNIK, J. Nutritional value of meat and meat products and their role in human health. **Nutrients**, Basel, v. 16, n. 7, p. 1446, 2024.

TAKALLOO, Z.; NIKKHAH, M.; NEMAT, R.; JALILIAN, N.; SAJEDI, R. H. Autolysis, plasmolysis and enzymatic hydrolysis of baker's yeast (*Saccharomyces cerevisiae*): a comparative study. **World Journal of Microbiology and Biotechnology**, v. 36, p. 68-68, 2020.

TAO, Z.; YUAN, H.; LIU, M.; LIU, Q.; ZHANG, S.; LIU, H.; JIANG, Y.; HUANG, D.; WANG, T. Yeast extract: characteristics, production, applications and future perspectives. **Journal of Microbiology and Biotechnology**, v. 33, n. 2, p. 151–166, 2022.

TARTÉ, R. Ingredients in meat products: properties, functionality and applications. New York: **Springer**, 2009.

TAYLOR, C.; DOYLE, M.; WEBB, D. The safety and sodium reduction in the food supply: A cross-discipline balancing act – Workshop proceedings critical review. **Food Science and Nutrition**, v. 58, p. 1650–1659, 2018.

TOMÉ, D. Yeast extracts: Nutritional and flavoring food ingredients. **ACS Food Science e Technology**, v. 1, n. 4, p. 487-494, 2021.

VERMA, A. K.; BANERJEE, R. Low-sodium meat products: Retaining salty taste for sweet health. *Critical Reviews In: Food Science and Nutrition*, v. 52, p. 72–84, 2012.

VIDAL, V. A. S.; SANTANA, J. B.; PAGLARINI, C. S.; SILVA, M. A. A. P.; FREITAS, M. Q.; ESMERINO, E. A.; CRUZ, A. G.; POLLONIO, M. A. R. Adding lysine and yeast extract improves sensory properties of low sodium salted meat. **Meat Science**, v. 159, 107911, 2020.

VIEIRA, J. O.; BRESSAN, M. C.; FARIA, P. B.; FERREIRA, M. W.; FERRÃO, S. P. B.; SOUZA, X. R. D. Efeito dos métodos de cocção na composição centesimal e colesterol do peito de frango de diferentes linhagens. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 31, n. 1, p. 164-170, 2007.

VIEIRA, E. F.; CARVALHO, J.; PINTO, E.; CUNHA, S.; ALMEIDA, A. A.; FERREIRA, I. M. P. L. V. O. Nutritive value, antioxidant activity and phenolic compounds profile of brewer's spent yeast extract. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 52, p. 44–51, 2016.

WANG, S.; ZHANG, S.; ADHIKARI, K. Influence of Monosodium Glutamate and Its Substitutes on Sensory Characteristics and Consumer Perceptions of Chicken Soup. **Foods**, v. 8, n. 2, p. 71, 2019.

WANG, X.; ULLAH, N.; SHEN, Y.; SUN, Z.; WANG, X.; FENG, T.; ZHANG, X.; HUANG, Q.; XIA, S. Emulsion delivery of sodium chloride: A promising approach for modulating

saltiness perception and sodium reduction. **Trends in Food Science e Technology**, v. 110, p. 525-538, 2021.

**WORLD HEALTH ORGANIZATION**. Massive efforts needed to reduce salt intake and protect lives. 9 mar. 2023. Disponível em: <https://www.who.int/news/item/09-03-2023-massive-efforts-needed-to-reduce-salt-intake-and-protect-lives>. Acesso em: 10 jun. 2025.

YANG, S.; SHAN, C.-S.; XU, Y.-Q.; JIN, L.; CHEN, Z.-G. Dissimilarity in sensory attributes, shelf life and spoilage bacterial and fungal microbiota of industrial-scale wet starch noodles induced by different preservatives and temperature. **Food Research International**, [S.l.], v. 140, p. 109980, 2021.

YI, C.; TSAI, M.-L.; LIU, T. Spray-dried chitosan/acid/nacl microparticles enhance saltiness perception. **Carbohydrate polymers**, v. 172, p. 246-254, 2017.

YILMAZ, E. B. S. Utilization of yeast extract as a flavor enhancer and masking agent in sodium-reduced marinated shrimp. **Molecules**, v. 29, n. 1, p. 182, 2023.

YOKOYAMA, T.; IINOUE, Y. Chapter 10 Selection of Fine Grinding Mills, **Handbook of Powder Technology**, v. 12, p. 487-508, 2007.

ZANARDI, E.; GHIDINI, S.; CONTER, M.; LANIERI, A. Mineral composition of Italian salami and effect of partial replacement on compositional, physico-chemical and sensory parameters. **Meat Science**, v. 86, n. 3, p. 742–747, 2010.

ZHENG, J.; HAN, Y.; GE, G.G.; ZHAO, M.; SUN, W. Partial substitution of NaCl with chloride salt mixtures: Impact on oxidative characteristics of meat myofibrillar protein and their rheological properties. **Food Hydrocolloids**, v. 96, p. 36-42, 2019.