

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA - UNB  
FACULDADE DE CIÊNCIAS DA SAÚDE - FS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM NUTRIÇÃO HUMANA

MARIA DO DESTERRO PEREIRA FERREIRA IBIAPINA

**JERKED BEEF: COMPOSIÇÃO QUÍMICA E TECNOLÓGICA APÓS DESSALGA**

Brasília – DF

2026

MARIA DO DESTERRO PEREIRA FERREIRA IBIAPINA

**JERKED BEEF: COMPOSIÇÃO QUÍMICA E TECNOLÓGICA APÓS DESSALGA**

Tese apresentada como requisito obrigatório para a obtenção do Título de Doutora em Nutrição Humana, pelo Programa de Pós-Graduação em Nutrição Humana da Universidade de Brasília. Linha de Pesquisa: Alimentos, Dietética e Bioquímica aplicada à Nutrição.

Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Raquel Braz Assunção Botelho

Co-orientador: Prof. Dr. Márcio Mendonça

Brasília – DF

2026

Ficha catalográfica elaborada automaticamente,  
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

PP436j Pereira Ferreira Ibiapina, Maria Do Desterro  
JERKED BEEF: COMPOSIÇÃO QUÍMICA E TECNOLÓGICA APÓS  
DESSALGA / Maria Do Desterro Pereira Ferreira Ibiapina;  
orientador Raquel Braz Assunção Botelho; co-orientador  
Marcio Antônio Mendonça. Brasília, 2026.  
91 p.

Tese (Doutorado em Nutrição Humana) Universidade de  
Brasília, 2026.

1. Jerked beef. Dessalga. Composição química. Sódio. Sais  
de cura. I. Braz Assunção Botelho, Raquel, orient. II.  
Mendonça, Marcio Antônio, co-orient. III. Título.

MARIA DO DESTERRO PEREIRA FERREIRA IBIAPINA

***JERKED BEEF: COMPOSIÇÃO QUÍMICA E TECNOLÓGICA APÓS DESSALGA***

Tese apresentada como requisito obrigatório para a obtenção do Título de Doutora em Nutrição Humana, pelo Programa de Pós-Graduação em Nutrição Humana da Universidade de Brasília. Linha de Pesquisa: Alimentos, Dietética e Bioquímica aplicada à Nutrição.

Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Raquel Braz Assunção Botelho

Co-orientador: Prof. Dr. Márcio Mendonça

Aprovada em: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

BANCA EXAMINADORA

---

Prof. Dra. Raquel Braz Assunção Botelho  
(Orientadora)

---

Prof<sup>a</sup> Dra Priscilla Farage Gouveia  
(Membro interno do PPGNH)

---

Prof<sup>a</sup> Dra Sascha Habu  
(Membro externo - UTFPR)

---

Prof<sup>a</sup> Dra Viviani Ruffo de Oliveira  
(Membro externo -UFRGS)

Brasília – DF  
2026

*Dedico este trabalho a Deus, fonte de sabedoria, força e perseverança; à minha família, alicerce incondicional em cada etapa desta caminhada; e aos meus netos, João Inácio e José Gabriel, que renovam diariamente minha esperança e dão sentido a cada conquista.*

## AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, a Deus, pela saúde, discernimento e perseverança ao longo desta trajetória.

Ao meu esposo, Ferdinand, pelo companheirismo; aos meus filhos, Isla Maria e Lucas e ao meu genro, Gabriel, pelos estímulos e encorajamento ao longo do percurso.

À Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Raquel Botelho, orientadora deste trabalho, pela confiança depositada, pelo rigor científico e pelas contribuições intelectuais fundamentais para o desenvolvimento e o amadurecimento desta tese.

Ao Prof. Dr. Márcio Mendonça, co-orientador, pelas valiosas contribuições técnicas e científicas.

À Maria Eduarda, bolsista PIBIC/PIBIT, pela dedicação ao longo de quatro anos, marcada por perseverança diante do cansaço, e pelas expressões de incentivo que se tornaram símbolo de resiliência.

À minha amiga nutricionista, Cinthya Vivianne, pelo suporte emocional, pelos estímulos constantes e pelo amparo intelectual na construção de uma compreensão crítica de abordagens conceituais na Nutrição.

À equipe de trabalho, em especial à Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Renata Zandonadi, à Ivana Aragão e ao Sr. Raimundo, pela compreensão, apoio cotidiano e colaboração ao longo deste percurso.

À Prof.<sup>a</sup> Sandra Arruda e ao técnico Luís Eduardo, que não mediram esforços na etapa de elucidação conceitual e na execução criteriosa dos protocolos analíticos empregados neste estudo.

À Universidade de Brasília (UnB) e ao Programa de Pós-Graduação em Nutrição Humana (FS/UnB), pela infraestrutura dos laboratórios envolvidos nesta pesquisa.

À Fundação de Apoio à Pesquisa do Distrito Federal (FAP-DF), pelo apoio financeiro concedido por meio do processo nº 00190001769/2021-1.

Por fim, agradeço a todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização desta tese e para a consolidação desta etapa da minha formação acadêmica.

*“O início sempre é empolgante, mas o caminho é cheio de percalços, e a grande maioria cansa e desiste. Para chegar lá e vencer, é preciso ter muita força de vontade e determinação.”*

*(São Gregório Magno)*

## RESUMO

O *Jerked beef* é um produto cárneo industrializado, formulado a partir de carne bovina salgada, com adição de cloreto de sódio e sais de cura, submetido a um processo de maturação e dessecação, utilizado no Brasil em preparações regionais, como feijoada e escondidinhos. O processo de dessalga constitui uma etapa essencial para o preparo de pratos à base desse ingrediente e é realizado de diversas maneiras, variando conforme a cultura local. A redução de sódio em carnes salgadas é um grande desafio tecnológico devido às funções do cloreto de sódio, principal fonte de sódio em produtos salgados. A literatura não apresenta estudos que comparem as diferentes técnicas de dessalga, nem os efeitos sobre a composição química do *Jerked beef*. Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar os efeitos da dessalga sobre a composição química e as características tecnológicas do *Jerked beef*. O estudo de caráter experimental foi composto de cinco etapas: 1) Determinação das técnicas de pré-preparo de corte e dessalga das amostras de *Jerked beef*; 2) Determinação da composição físico-química; 3) Determinação do teor de sódio; 4) Determinação do teor de nitrito e nitrato e análise estatística. Três marcas diferentes foram adquiridas nos supermercados do Distrito Federal e, para cada uma, três lotes. Foram avaliados três métodos de dessalga, além do controle: ambiente, resfriada e quente. Para todos os métodos, foi realizada uma troca de água. Para todas as amostras controle e dessalgadas, os teores de umidade, cinzas, proteínas, lipídios, acidez e pH foram analisados conforme os protocolos do AOAC. O teor de carboidrato foi mensurado por diferença. O teor de sódio foi quantificado por espectrômetro ICP-OES. Proteínas e lipídios foram quantificados pelos métodos de Kjeldahl e ANKOM. A oxidação lipídica foi avaliada por meio de TBARS. As acidez totais, bem como os teores de nitrito e de nitrato, foram determinadas segundo métodos oficiais. Os diferentes métodos de dessalga influenciaram a composição físico-química das amostras, com variações observadas entre os tratamentos e os lotes. De modo geral, as dessalgas realizadas em temperatura ambiente e sob refrigeração promoveram maior remoção de sal, refletida no aumento da umidade e na redução do teor de cinzas, sem ultrapassar os limites estabelecidos pela legislação brasileira. A composição proteica e lipídica apresentou variações conforme o método empregado, enquanto o pH manteve-se próximo à neutralidade e a acidez total foi reduzida após a dessalga. A dessalga promoveu a redução dos teores de nitrito e nitrato, com variações entre marcas e lotes, o que evidencia a ausência de padronização industrial. As alterações nos parâmetros colorimétricos e o aumento da oxidação lipídica, especialmente no tratamento térmico, indicam compensações tecnológicas entre a redução de aditivos e a manutenção dos atributos cromáticos e da estabilidade química do produto.

**Palavras-chave:** *Jerked beef*. Dessalga. Composição química. Sódio. Sais de cura.

## ABSTRACT

Jerked beef is an industrialized meat product, made from salted beef, with added sodium chloride and curing salts, and subjected to maturation and drying, used in Brazil in regional preparations such as *feijoada* and *escondidinhos*. The desalting process is an essential step in preparing dishes using this ingredient and is carried out in various ways, depending on local culture. Reducing sodium in salted meats is a major technological challenge because sodium chloride is the primary source of sodium in these products. The literature does not present studies comparing different desalting techniques or their implications for the chemical composition of jerked beef. Thus, the aim was to evaluate the effects of desalting on the chemical composition and technological characteristics of Jerked beef. The experimental study consisted of five stages: 1) Determination of the pre-preparation techniques for cutting and desalting jerked beef samples; 2) Determination of the physicochemical composition; 3) Determination of sodium content; 4) Determination of nitrite and nitrate content; and 5) Statistical analysis. Three different brands were acquired from supermarkets in the Federal District, and for each brand, three different batches were used. Three desalting methods were evaluated besides the control: room temperature, refrigerated, and heat. For all methods, a water change was performed. For all control and desalted samples, moisture, ash, protein, lipid, acidity, and pH were analysed in accordance with AOAC protocols. Carbohydrate content was measured by difference, and the data were statistically analysed. Sodium content was quantified using an ICP-OES spectrometer. Proteins and lipids were quantified using the Kjeldahl and Soxhlet methods. Lipid oxidation was evaluated using TBARS, according to established methodologies. Total acidity, as well as nitrite and nitrate content, was determined in accordance with official methods. The desalting methods affected the physicochemical composition of the samples, with differences observed between treatments and batches. In general, desalting at room temperature and under refrigeration resulted in greater salt removal, as evidenced by increased moisture and reduced ash content, without exceeding the limits established by legislation. Protein and lipid composition varied according to the method used, while pH remained close to neutral, and total acidity was reduced after desalting. Desalting reduced nitrite and nitrate levels, with variations between brands and batches, highlighting the lack of industrial standardization. Changes in colorimetric parameters and increased lipid oxidation, especially during heat treatment, indicate technological trade-offs between reducing additives and maintaining the product's color attributes and chemical stability. Although desalting at room temperature shows good physicochemical performance, refrigeration is preferable to control microorganisms, as rehydration can occur, potentially retaining microorganisms conducive to growth.

**Keywords:** Jerked beef. Desalt. Chemical composition. Sodium. Drying salts.

## LISTA DE SIGLAS E ABREVIACÕES

ANVISA – Agência Nacional de Vigilância Sanitária

AOAC – *Association of Official Analytical Chemists*

AVE – Acidente Vascular Encefálico

*aw* – Atividade de água

CIELAB – Commission Internationale de l'Éclairage (sistema de cor)

CVS – Centro de Vigilância Sanitária

DCNT – Doenças Crônicas Não Transmissíveis

$\Delta E$  (DE) – Diferença total de cor

DTA – Doenças Transmitidas por Alimentos

FAO – *Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura*

FAP-DF – Fundação de Apoio à Pesquisa do Distrito Federal

FAV/UnB – Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da Universidade de Brasília

FS/UnB – Faculdade de Ciências da Saúde da Universidade de Brasília

HAS – Hipertensão Arterial Sistêmica

IAM – Infarto Agudo do Miocárdio

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

ICP-OES – Espectrometria de Emissão Óptica com Plasma Indutivamente Acoplado

IG/UnB – Instituto de Geociências da Universidade de Brasília

INA – Inquérito Nacional de Alimentação

*JB* – Jerked beef

MAPA – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento

Na – Sódio

NaCl – Cloreto de sódio

NMT/UnB – Núcleo de Metabolismo e Técnicas da Nutrição da Universidade de Brasília

NO<sub>2</sub><sup>-</sup> – Nitrito

NO<sub>3</sub><sup>-</sup> – Nitrato

NO<sub>x</sub> – Óxidos de nitrogênio

OECD – Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico

OMS – Organização Mundial da Saúde

pH – Potencial Hidrogeniônico

PIQ – Padrão de Identidade e Qualidade

POF – Pesquisa de Orçamentos Familiares

PPM – Partes por milhão

RDC – Resolução da Diretoria Colegiada

RIISPOA – Regulamento da Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal

TBARS – Substâncias Reativas ao Ácido Tiobarbitúrico

UAN – Unidade de Alimentação e Nutrição

VIGITEL – Vigilância de Fatores de Risco e Proteção para Doenças Crônicas por Inquérito Telefônico

## LISTA DE TABELAS

**Tabela 1.** Diferenças tecnológicas de processo, matéria-prima, composição química e vida útil entre carne-de-sol, charque e *Jerked beef*, Brasil – 2023.....31

### ARTIGO 1

**Table 1.** Sodium content of various brands of salted and desalted *Jerked beef*, along with the percentage reduction of sodium compared to control (salted) samples.....60

**Table 2.** Food analyses (g/100g) of control and desalted *Jerked beef*.....60

**Table 3.** Mean and standard deviation for pH and acidity levels for brands A, B, and C of jerked beef (control and after desalting).....62

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Fluxograma do processamento de <i>Jerked beef</i> .....	34
<b>Figura 2.</b> Etapas de processamento de amostras de <i>Jerked beef</i> .....	44
<b>Figura 3</b> Tratamentos de dessalga das amostras de <i>Jerked beef</i> .....	46
<b>Artigo 1 (Figure 1).</b> Mean and standard deviation of lipid oxidation expressed as TBARS $\mu\text{mol/kg}$ for control and desalted samples for each Brand. Different uppercase letters for the control bars show a statistical difference.....	61

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>16</b>
<b>2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>19</b>
2.1 TECNOLOGIA DE CURA E CONSERVAÇÃO DE CARNES: EVOLUÇÃO HISTÓRICA, FUNDAMENTOS, CARACTERÍSTICAS, CONSUMO E ESTRATÉGIAS DE CONSERVAÇÃO.....	19
<b>2.1.1 Evolução histórica da conservação de carnes.....</b>	<b>19</b>
<b>2.1.2 Fundamentos e características das carnes salgadas.....</b>	<b>20</b>
<b>2.1.3 Consumo e estratégias de conservação.....</b>	<b>21</b>
2.2 A SALGA DE CARNES.....	23
2.3 A CURA DAS CARNES .....	25
2.4 PRODUTOS CÁRNEOS SALGADOS.....	29
2.5 O <i>JERKED BEEF</i> .....	32
2.6 DESSALGA DE CARNES.....	36
2.7 CONSUMO DE SAL NA POPULAÇÃO BRASILEIRA.....	39
<b>3 OBJETIVOS.....</b>	<b>42</b>
3.1 GERAL.....	42
3.2 ESPECÍFICOS.....	42
<b>4 MATERIAIS E MÉTODOS.....</b>	<b>43</b>
4.1 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL.....	43
<b>4.1.1 Definição das amostras.....</b>	<b>43</b>
4.2 DETERMINAÇÃO DAS TÉCNICAS DE DESSALGA.....	44
4.3 DETERMINAÇÃO DAS ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS.....	45
<b>4.3.1 Teor de sódio direto.....</b>	<b>45</b>
<b>4.3.2 Teor de umidade - Secagem direta em estufa a 105 °C.....</b>	<b>46</b>
<b>4.3.3 Teor de cinzas.....</b>	<b>46</b>
<b>4.3.4 - Teor de proteína - Método de Kjeldahl modificado.....</b>	<b>47</b>
<b>4.3.5 - Teor de lipídios .....</b>	<b>47</b>
<b>4.3.6 Teor de carboidrato.....</b>	<b>48</b>
<b>4.3.7 Teor de pH.....</b>	<b>48</b>

4.3.8 Teor de acidez titulável por volumetria potenciométrica.....	49
4.3.9 Determinação oxidação lipídica (TBARS).....	49
4.3.10 Determinação de nitrito .....	50
4.3.12 Determinação de nitrito + nitrato (NOx) em dessalga de <i>Jerked Beef</i> por espectrofotometria.....	51
4.3.12.1 NOx em dessalga <i>Jerked Beef</i> .....	51
4.3.12.1 Determinação de colorimetria .....	52
4.4 ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	53
<b>5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>54</b>
5.1 PRIMEIRA ETAPA - COMPOSIÇÃO QUÍMICA E TÉCNICAS DE DESSALINIZAÇÃO.....	54
5.2 SEGUNDA ETAPA - COLORIMETRIA, NITRITO E NITRATO.....	54
5.2.3 ARTIGO PUBLICADO NO PERIÓDICO <i>FOODS</i> .....	55
<b>6 CONCLUSÃO .....</b>	<b>73</b>
6.1 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	74
<b>7 REFERÊNCIAS.....</b>	<b>76</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A carne é considerada um alimento nobre, com elevado teor de proteínas de alto valor biológico, além de lipídios, vitaminas do complexo B e minerais biodisponíveis, como ferro e zinco, atendendo à grande parte das necessidades nutricionais humanas (Gonçalves *et al.*, 2009; Pereira; Vicente, 2013). Do ponto de vista tecnológico, entretanto, trata-se de uma matriz altamente perecível, em razão da elevada atividade de água ( $a_w$ ) e da composição química favorável ao crescimento microbiano e à ocorrência de reações bioquímicas pós-morte, fatores que comprometem a qualidade e a durabilidade do produto (Gómez *et al.*, 2020; Toldrá, 2021; Espinoza *et al.*, 2022). Segundo Garzillo *et al.*, (2022) e dados oficiais do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE (Brasil, 2019), os produtos cárneos mantêm participação relevante na dieta da população brasileira, com destaque para a carne bovina como importante fonte de energia. Simultaneamente, observa-se uma crescente demanda por alimentos que conciliam segurança microbiológica, estabilidade tecnológica e um perfil nutricional mais adequado (OECD/FAO, 2022; FAO, 2023).

A qualidade da carne é definida pela interação de variáveis intrínsecas e extrínsecas, como potencial hidrogeniônico (pH), composição química, capacidade de retenção de água, cor, textura e condições de armazenamento, que atuam de forma integrada na determinação da estabilidade microbiológica, sensorial e nutricional do produto (Lawrie; Ledward, 2006; Pearce *et al.*, 2011; Toldrá, 2021; Espinoza *et al.*, 2022). Nesse contexto, os métodos de conservação exercem papel central ao retardar processos de deterioração associados ao crescimento microbiano e às reações químicas e bioquímicas responsáveis pela perda de qualidade (Gómez *et al.*, 2020; Espinoza *et al.*, 2022; Sokra *et al.*, 2025).

Entre as tecnologias empregadas na conservação de carnes, desatacam-se a refrigeração, o congelamento, a secagem, a defumação, a fermentação, o uso de aditivos de cura e as tecnologias de embalagem, como o vácuo e a atmosfera modificada. Nesse contexto a salga destaca-se historicamente como uma das mais antigas e difundidas, devido à sua capacidade de reduzir a  $a_w$  e, conseqüentemente, inibir o crescimento microbiano (Fellows, 2016). Mundialmente, esse método é amplamente utilizado na produção de *Jerked beef (JB)*, um produto tradicional obtido por intensa salga, desidratação parcial e uso de sais de cura, conferindo elevada estabilidade microbiológica e prolongada vida útil, mesmo sob condições de refrigeração mais brandas (Cichoski; Zis ; Franceschetto, 2009; Tang *et al.*, 2022). Trata-se

ainda de uma tecnologia de baixo custo e de simplicidade operacional, aplicável em contextos domésticos, comerciais e industriais (Ishihara; Madruga, 2013).

Do ponto de vista tecnológico, o uso de sais de cura, como nitritos e nitratos, é fundamental na fabricação do *JB*, pois contribui para a segurança microbiológica, a estabilização da cor característica e o controle de processos oxidativos. O termo “cura” refere-se ao tratamento de carnes frescas com sal e nitritos e/ou nitratos, com o objetivo de preservação e de obtenção de atributos sensoriais específicos (Hobbs; Roberts, 1998; Damodaran; Parkin; Fennema, 2018). Os nitritos são frequentemente incorporados diretamente a produtos submetidos à cura curta, a fim de assegurar a ação imediata desses compostos (Govari; Pexara, 2015; Shakil *et al.*, 2022). Entretanto, a presença desses aditivos, associada ao elevado teor de sódio decorrente do processo de salga, tem sido apontada como fator limitante à aceitação do produto, essa restrição está relacionada às preocupações crescentes com possíveis impactos à saúde, associados ao aumento do risco de hipertensão arterial e doenças cardiovasculares, além de potenciais efeitos adversos à saúde a longo prazo e a busca dos consumidores por alimentos com perfil nutricional mais adequado e alinhado às recomendações atuais (Honikel, 2008; Zhang *et al.*, 2023).

A legislação brasileira define o *Jerked beef* como produto cárneo industrializado obtido a partir de carne bovina, adicionado de cloreto de sódio e de sais de cura, submetido a processos de dessecação, conforme regulamentos técnicos e normativas vigentes (Brasil, 2017; Brasil, 2020). Essa definição normativa também é adotada em estudos recentes sobre qualidade e caracterização do produto, que descrevem o *JB* como carne salgada-curada e dessecada comercializada no mercado brasileiro (Freixo *et al.*, 2022; Ibiapina *et al.*, 2025).

Entre os produtos cárneos salgados, o *JB* destaca-se por sua viabilidade econômica, pois a combinação de baixa atividade de água, elevado teor de sal e embalagem a vácuo permite seu armazenamento à temperatura ambiente, conferindo elevada durabilidade e estabilidade microbiológica, com redução dos custos de produção e distribuição (Brasil, 2017; Brasil, 2020; Freixo *et al.*, 2022). A evolução tecnológica do charque para o *Jerked beef* reflete avanços nos sistemas de processamento e conservação da carne bovina, resultando em maior agregação de valor, padronização da qualidade e ampliação da competitividade dos produtos cárneos no mercado (Gómez *et al.*, 2020; Arokiyaraj *et al.*, 2024; Molina *et al.*, 2025).

Do ponto de vista da saúde pública, o excesso de sódio constitui um dos principais fatores de risco para o desenvolvimento da hipertensão arterial sistêmica (HAS), estando diretamente associado a eventos cardiovasculares e renais (He; MacGregor, 2010; Zhao *et al.*, 2011; Rosa *et al.*, 2022). Dados do VIGITEL (2023) indicam prevalência média de hipertensão

referida é de 26,5% entre adultos residentes nas capitais brasileiras, reforçando a importância do controle do teor de sódio nos alimentos (BRASIL, 2023) A redução do consumo de sal é reconhecida como uma das intervenções de melhor custo-efetividade para a diminuição da carga de doenças crônicas não transmissíveis, especialmente as cardiovasculares (Mill *et al.*, 2019; Sousa *et al.*, 2021).

Estudos nacionais demonstram que o consumo de sal no Brasil permanece elevado, impulsionado pela ampla oferta e pela elevada aceitabilidade de preparações tradicionais ricas em sódio, fortemente influenciadas por fatores culturais e pelo ambiente alimentar (Botelho *et al.*, 2020; Mill *et al.*, 2021; BRASIL, 2023). Nesse contexto, a dessalga constitui uma etapa tecnológica relevante antes do consumo do *JB*, visando à redução do teor de sódio e à adequação do produto às recomendações nutricionais atuais. Contudo, esse processo pode promover alterações nas propriedades físico-químicas, microbiológicas e sensoriais da carne, além de influenciar a retenção ou a perda de compostos de cura formados ou estabilizados durante a etapa de salga (Lorenzo *et al.*, 2018; Espinoza *et al.*, 2022).

Apesar dos avanços observados na literatura, ainda são limitados os estudos que avaliam de forma integrada os efeitos da dessalga sobre parâmetros nutricionais específicos, como a dinâmica de nitrito e nitrato, bem como sua relação com atributos tecnológicos e visuais do produto (Zhang *et al.*, 2023). Essa lacuna é particularmente relevante no contexto das Unidades de Alimentação e Nutrição (UANs) e nas residências brasileiras, nas quais a dessalga é uma prática cotidiana que influencia diretamente o perfil nutricional, a aceitabilidade sensorial e a segurança dos alimentos ofertados.

Diante desse contexto, esta pesquisa parte da hipótese de que a dessalga refrigerada é a mais eficiente para redução de sódio, nitrato e nitrito com menor oxidação lipídica e mudanças na composição química. E por fim, este estudo visa avaliar a dessalga do *JB* em condições semelhantes às aplicadas em UANs e em residências brasileiras, o que pode contribuir para a aquisição de conhecimento científico e procedimentos adequados para refeições coletivas, visando às diretrizes de saúde pública.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 SALGA DE CARNES: EVOLUÇÃO HISTÓRICA, FUNDAMENTOS, CARACTERÍSTICAS, CONSUMO E ESTRATÉGIAS DE CONSERVAÇÃO

#### 2.1.1 Evolução histórica da conservação de carnes

Desde a pré-história, reconhece-se empiricamente a relação entre o teor de água dos alimentos e sua perecibilidade. Contudo, observa-se que produtos com quantidade de água semelhantes podem apresentar comportamentos muito distintos quanto à estabilidade, evidenciando que a quantidade total de água, isoladamente, não é um indicador suficiente de deterioração (Mathlouthi (2001). Essa diferença está associada, em parte, à forma como a água se encontra ligada aos constituintes não aquosos da matriz alimentar, sendo que a água fortemente associada apresenta menor disponibilidade para sustentar processos de degradação, como o crescimento microbiano e reações químicas hidrolíticas (Duarte, 2010).

Nesse contexto, a carne destaca-se historicamente como um alimento de elevado valor nutricional, porém altamente perecível, o que motivou o desenvolvimento de estratégias específicas de conservação ao longo da evolução humana. Antes da consolidação das tecnologias modernas de refrigeração e congelamento, diferentes civilizações recorreram a práticas empíricas para prolongar sua vida útil, entre as quais a salga se estabeleceu como uma alternativa amplamente adotada e eficaz, justamente por reduzir a disponibilidade de água e limitar a atividade microbiana (Lawrie, 2005).

Dados históricos apontam para o uso de sal por egípcios, romanos e nações asiáticas como agente de preservação e sua aplicação efetiva como promotora da qualidade da carne (Toldrá, 2010). Esses métodos tradicionais permitiram não apenas o armazenamento prolongado, mas também o transporte de carnes por longas distâncias, favorecendo o comércio e a segurança alimentar em períodos de escassez (Jay, 2000; Lawrie, 2005; Damodaran; Parkin, 2010).

Sob o olhar científico, apenas séculos mais tarde os mecanismos envolvidos na conservação por salgas passaram a ser compreendidos de forma sistemática. Estudos clássicos demonstraram que a eficácia desse método está diretamente relacionada à redução da *aw* e à criação de condições osmóticas desfavoráveis ao crescimento microbiano (Leitão, 1978; Jay, 2000). Portanto, embora a salga tenha sido um ponto inicial de referência para o método geral

de preservar alimentos frescos, rapidamente evoluiu para processos metodológicos mais numerosos e complexos de cura, como um marco fundamental na evolução das tecnologias de conservação de alimentos de origem animal, servindo de base para o desenvolvimento posterior e processos mais complexos, como a cura e a combinação de múltiplos obstáculos tecnológicos.

### **2.1.2 Fundamentos e características das carnes salgadas**

A salga de carnes é uma das técnicas mais antigas e relevantes de conservação de alimentos, desenvolvida antes da disseminação da refrigeração artificial, com o objetivo de prolongar a vida útil da carne e reduzir perdas por deterioração em contextos de limitação tecnológica e logística. Evidências históricas sugerem que essa prática remonta a mais de quinhentos milênios atrás (Lawrie, 2005; Neto, 2021). No aspecto da ciência dos alimentos, o mecanismo de ação da salga deve-se, principalmente, à estabilização da estrutura cárnea com a adição do cloreto de sódio (NaCl) ao alimento. Este composto desencadeia restantes alterações físico-químicas e microbiológicas no produto final que inativam as bactérias e inibem reações deteriorativas (Damodaran; Parkin, 2018). O mecanismo mais importante da salga é a diminuição da *aw* devido ao aumento da pressão osmótica do ambiente, o que força a entrada de água na célula microbiana, que leva à plasmólise e inibição do metabolismo (Sabadini; Hubinger; Sobral, 2001).

Além do efeito osmótico, o NaCl atua diretamente sobre as proteínas miofibrilares da carne, promovendo mudanças em sua estrutura que influenciam a capacidade de retenção de água, a textura e a estabilidade do produto final (Ishihara *et al.*, 2013). Em processos mais elaborados, a salga costuma ser combinada com o uso de sais de cura, como nitrito e nitrato, que auxiliam no controle microbiológico, a coloração característica vermelha-rosada, associada à formação de nitrosomioglobina nas carnes curadas e contribuem para o desenvolvimento do sabor típico das carnes curadas (Toldrá, 2010; Gómez *et al.*, 2020).

Esses produtos integram o grupo das carnes curadas, cuja estabilidade ao longo do armazenamento depende principalmente da ação do sal e desses compostos de cura, responsáveis por efeitos antioxidantes, sensoriais e pela preservação microbiológica da matriz cárnea (Zhang *et al.*, 2023; Molina *et al.*, 2024; Reina, Terazzi, 2025). Algumas dessas características incluem baixa *aw* e aumento da força iônica, bem como modificações estruturais nas proteínas musculares, fatores diretamente relacionados à maior estabilidade do produto (Sabadini; Hubinger; Sobral, 2001; Damodaran; Parkin, 2010). Essa estabilidade não se deve a um único fator, mas sim da atuação conjunta de diferentes etapas do processo produtivo, como

a secagem, a maturação e a defumação, que, associados, contribuem para a conservação e as características tradicionais desses produtos (Shimokomaki *et al.*, 2006; Honikel, 2008 e Toldrá, 2021).

Assim, a salga provoca alterações na matriz cárnea que ajudam a explicar tanto a maior estabilidade do produto quanto suas características sensoriais. Quando associada aos sais de cura, esse processo também favorece o controle microbiológico, a formação da cor típica e o desenvolvimento do sabor característico das carnes curadas (Lawrie, 2005; Ishihara *et al.*, 2013; Toldrá, 2010; Gómez *et al.*, 2020; Espinoza *et al.*, 2022).

Além da redução da *aw*, a cura induz modificações na estrutura da matriz proteica, como a desnaturação parcial das proteínas miofibrilares e alterações na capacidade de retenção de água, que estão diretamente associadas a importantes propriedades tecnológicas do produto, como a percepção da textura, a dureza e a vida útil. Enquanto isso, a oxidação lipídica se apresenta como um dos principais fatores limitantes à qualidade das carnes curadas, além de provocar perda de aroma, sabor e nutrientes, mesmo antes de qualquer defeito microbiano (Arokiyaraj *et al.*, 2024).

Nesse contexto, a aplicação de agentes de cura, especialmente nitrito e nitrato, desempenha papel central na estabilização da cor, no desenvolvimento do perfil sensorial característico e no controle de microrganismos patogênicos, como *Clostridium botulinum* (Pegg; Shahidi, 2000; Sebranek; Bacus, 2007; Honikel, 2008; Toldrá, 2010). Contudo, esses compostos apresentam limitações relevantes, incluindo a formação potencial de N-nitrosaminas, associadas a riscos toxicológicos, além da dependência de condições específicas de processamento para exercerem plenamente sua função (Shakil *et al.*, 2022). Assim, sua eficácia deve ser compreendida de forma integrada a outros parâmetros tecnológicos, como teor de sal, tipo de embalagem e condições de armazenamento, uma vez que o uso isolado não assegura, por si só, a manutenção da qualidade global do produto ao longo da vida útil (Kim *et al.*, 2025).

### **2.1.3 Consumo e estratégias de conservação**

Mudanças nos padrões de consumo, observadas tanto em nível global quanto no Brasil, impulsionadas por preocupações com a saúde e pela redução do consumo de sódio, têm levado consumidores a demandar por produtos com menor teor de sódio e pela redução de aditivos, têm direcionado a pesquisa científica para a avaliação dos impactos dessas modificações sobre parâmetros tecnológicos mensuráveis, como estabilidade microbiológica, textura e aceitação

sensorial (Kim *et al.*, 2021; Molina *et al.*, 2025). Nessa perspectiva experimental, as exigências do consumidor implicam a necessidade de testar diferentes níveis de sal e agentes de cura, avaliando os efeitos destes no que tange indicadores objetivos de qualidade.

Estudos demonstram que a redução de nitrito e sal conduz à necessidade de estratégias compensatórias, como ajustes no sistema de embalagem e no controle das condições de armazenamento, para preservar a qualidade e a segurança do produto (Molina *et al.*, 2025). Assim, padrões de consumo não são mais apenas um contexto, mas também, solicitam a escolha das variáveis independentes a serem avaliadas em estudos, dentre as quais a força do sal, presença ou ausência de sais de curas e o tipo de embalagem, além de todas as variáveis dependentes relacionadas com estabilidade microbiológica, oxidativa e sensorial (Jin; Moon, 2024; Molina *et al.*, 2025; Kim *et al.*, 2025).

A literatura contemporânea aponta para o uso de estratégias combinadas como forma de prolongar a vida útil da carne curada, incluindo a cura, secagem controlada, o emprego de agentes de cura e uso de diferentes tecnologias de embalagem. Ainda que a cura permaneça como um elemento central desse processo, sua eficácia depende das condições de armazenamento e, mais criticamente, do sistema de embalagem empregado (Espinoza *et al.*, 2022).

Para a carne curada a seco, o fatiamento aumenta a área em contato com o oxigênio, promovendo a oxidação lipídica e as mudanças de cor, tornando a embalagem uma variável crítica. Por exemplo, estudos comparativos indicam que sistemas a vácuo e atmosféricos modificados criam diferentes respostas à oxidação, crescimento microbiano e aceitação sensorial, comumente utilizados como condições decisivas para a vida útil baseada em ensaios (Arokiyaraj *et al.*, 2024; Jin; Moon, 2024).

Além disso, estratégias de baixo teor de sal e substituição parcial de nitrito exigem avaliações experimentais rigorosas, uma vez que ambas têm papéis estruturais e microbiológicos. Estudos indicam que, na redução, as peças de *jerked beef* devem ser ajustadas tecnologicamente para garantir diferenças texturais e mudanças de cor e estabilidade durante o armazenamento (Kim *et al.*, 2019; Kim *et al.*, 2021).

Outro fator relevante é que a dessalga modifica a distribuição dos sais solúveis e o teor de umidade do produto curado, influenciando diretamente sua estabilidade pós-cura. Estudos recentes indicam que essas alterações afetam as propriedades texturas e a suscetibilidade à

oxidação, justificando a dessalga como uma etapa crítica que deve ser rigorosamente controlada em estudos voltados à ampliação da vida útil do produto (Molina *et al.*, 2025; Jůzl *et al.*, 2025).

## 2.2 A SALGA DE CARNES

A salga é definida como um processo de cura que confere propriedades sensoriais específicas ao produto e a conservação se deve às reações entre o NaCl e as moléculas de água livre presentes no alimento, via desidratação osmótica, diminuindo assim as reações microbianas e aumentando as reações químicas e enzimáticas (Gómez *et al.*, 2020; Freitas *et al.*, 2011; Espinoza *et al.*, 2022). O Regulamento da Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal (RIISPOA) define como carne salgada, todo e qualquer produto comestível, preparado à base de carnes ou órgãos, tratado por meio de NaCl, ou da mistura de outros sais com nitratos, nitritos, condimentos e açúcares (Brasil, 2020).

No processamento de carnes, o cloreto de sódio (NaCl), conhecido como sal de cozinha, tem sido utilizado como conservante de alimentos desde os tempos antigos e, além de fornecer estabilidade microbiana reduzindo a sua capacidade de atividade de água, ajuda a estimular a extração das proteínas miofibrilares, contribuindo para a estabilidade microbiológica, intensificação do sabor e funcionalidade da matriz cárnea (Yim *et al.*, 2020; Gómez *et al.*, 2020). Assim, as proteínas miofibrilares extraídas contribuem para a estabilidade da emulsão cárnea, ao envolver a fase gordurosa e reduzir a liberação de umidade, o que resulta em melhores características de textura, suculência e rendimento do produto final (Choi *et al.*, 2015; Kim *et al.*, 2021). Um aumento na suculência é induzido pelas proteínas miofibrilares solúveis em sal para compensar o estado estável das proteínas à água (Tamm *et al.*, 2016). Reconhecida como um dos métodos mais tradicionais de preservação de alimentos, a salga destaca-se por sua simplicidade operacional, baixo custo e pela capacidade de promover atributos sensoriais desejáveis, características que justificam sua ampla aplicação histórica e contemporânea na indústria de produtos cárneos (Kim *et al.*, 2021; Arokiyaraj *et al.*, 2024).

Além disso, evidências indicam que a concentração de sal influencia diretamente as propriedades físico-químicas, texturas e sensoriais da carne, afetando parâmetros como maciez, perfil de sabor e aceitação do consumidor (Choi *et al.*, 2015; Lee; Chin, 2011; Zhang *et al.*, 2023).

A água exerce uma influência importante na conservação dos alimentos. O termo atividade de água ( $a_w$ ) foi criado para designar a água disponível para o crescimento microbiano e para as reações que possam deteriorar o alimento (Ditchfield, 2000), e desenvolvido para

indicar a intensidade com que a água se associa a constituintes não-aquosos (Damodaran *et al.*, 2010). O sal reage com as proteínas, reduzindo a *aw* do produto, perdendo a água livre contida nele por osmose (Alves *et al.*, 2010).

A deterioração dos alimentos está associada ao teor de água disponível, para que ocorram as alterações físico-químicas, bioquímicas e microbiológicas. O processamento de alimentos tem a função de evitar as deteriorações, que afetariam a aceitação do alimento pelos consumidores e os colocariam em risco de doenças de transmissão hídrica e alimentar (DTHA) (Molina-Filho *et al.*, 2006). Relatórios recentes destacam que estratégias de processamento e conservação adequadamente combinadas são essenciais para assegurar a segurança alimentar em sistemas produtivos contemporâneos (OECD/FAO, 2022; FAO, 2023)

Processos de concentração e de desidratação são realizados com o objetivo principal de diminuir o conteúdo de água de um alimento, aumentando, ao mesmo tempo, sua concentração de solutos e, portanto, diminuindo sua perecibilidade. Na difusão, a água se move de sua zona de maior para a de menor concentração. Nesse caso, a água sai das células mais rapidamente do que entra. O resultado para a célula é a plasmólise, que resulta na inibição do crescimento e, possivelmente, na morte celular (Liu *et al.*, 2021).

A adição de NaCl aos produtos cárneos processados contribui para melhorar a textura e favorecer a formação de emulsões mais estáveis, aspectos importantes para a qualidade final do produto (Choi *et al.*, 2015). Ao mesmo tempo, o sal atua como agente conservante, inibindo o crescimento de microrganismos durante o armazenamento principalmente pela redução da atividade de água, além de provocar choque osmótico e desequilíbrio eletrolítico nas células microbianas (Petit *et al.*, 2019; Finan; Guilak, 2010; Bidlas; Lambert., 2008). Em razão desses efeitos tecnológicos e microbiológicos, o NaCl é amplamente utilizado de forma rotineira na fabricação de produtos cárneos processados (Kim *et al.*, 2019).

A adição de sal à carne, frutos do mar e pescados, visa melhorar a capacidade de retenção de água e realçar o sabor devido à sua influência na atividade de algumas enzimas responsáveis pelo desenvolvimento do sabor. Em contrapartida, a adição do sal pode favorecer alguns fenômenos químicos e bioquímicos, como proteólise, lipólise e oxidação lipídica, que são uns dos principais responsáveis pelas perdas de qualidade na indústria alimentícia, afetando os principais mecanismos de oxidação de ácidos graxos e colesterol (Mariutti; Bragagnolo, 2017) e que contribuem para o desenvolvimento de textura e sabor típico em diferentes tipos de produtos cárneos (Andrés *et al.*, 2004, Guàrdia *et al.*, 2006).

A conservação de alimentos baseia-se no controle do crescimento microbiano e na preservação das propriedades do produto, sendo a salga associada à desidratação uma das

técnicas mais antigas, eficaz pela redução da  $a_w$  (Gómez *et al.*, 2020; Espinoza *et al.*, 2022). A aplicação desses princípios originou produtos tradicionais como o charque e a carne-de-sol e, com o avanço tecnológico, evoluiu para o *Jerked beef*, no qual o uso de nitrato e nitrito de sódio passou a ser fundamental para a estabilidade microbiológica, a fixação da cor e o desenvolvimento do sabor (Arokiyaraj *et al.*, 2024; Kim *et al.*, 2025).

As carnes salgadas são conhecidas mundialmente e apresentam diferenças através das técnicas de preparo e nas suas diferentes origens variando sabor, vida útil e composição. Não obstante haja avanços na tecnologia de alimentos, a salga e a dessecação no processamento de produtos cárneos mantiveram-se (Ishihara; Madruga, 2013; Neto Silva *et al.*, 2021).

A evolução dos produtos à base de carne salgada e dessecada, obtidos a partir de carnes inteiras, levou à consolidação de categorias distintas definidas principalmente pela intensidade da salga, nível de dessecação,  $a_w$  e estabilidade microbiológica. A carne-de-sol apresenta salga mais leve, maior  $a_w$  e vida útil reduzida, sendo considerada um produto intermediário entre a carne fresca e a carne salgada propriamente dita (Espinoza *et al.*, 2022; Gómez *et al.*, 2020).

O charque resulta de salga intensa associada à dessecação, com elevados teores de NaCl e baixa  $a_w$ , o que confere elevada estabilidade microbiológica mesmo sem sais de cura, apesar de ter uma maior variabilidade sensorial e tecnológica (Arokiyaraj *et al.*, 2024; Carvalho Júnior, 2002; Terra; Brum, 1988). O *JB* representa a evolução tecnológica do charque ao incorporar sais de cura, controle industrial do processamento e, frequentemente, embalagem a vácuo, promovendo maior padronização, segurança sanitária e valorização comercial do produto (Arokiyaraj *et al.*, 2024; Freixo *et al.*, 2022).

### 2.3 A CURA DAS CARNES

A cura de carnes é uma estratégia de conservação de alimentos de origem animal desenvolvida inicialmente com base empírica, uma vez que foi por meio da observação sistemática, de tentativas repetitivas e da avaliação prática dos resultados que se reconheceu a eficácia de determinados sais em prolongar a durabilidade da carne e em conferir características sensoriais específicas, muito antes da compreensão dos mecanismos químicos e microbiológicos envolvidos (Zhang *et al.*, 2023; Shakil *et al.*, 2022; Honikel, 2008; Sebranek; Bacus, 2007; Honikel, 2008; Pegg; Shahidi, 2000; Cassens, 1990).

Os registros históricos observam a eficácia em carnes curadas, especialmente associadas aos sais poluentes naturais, nitrato de sódio ou potássio, apesar de tal mecanismo de ação fosse desconhecido cientificamente por séculos (Cassens, 1990; Pegg; Shahidi, 2000). A

literatura contemporânea descreve que esses sais exerciam apenas um papel precursor, uma vez que as transformações químicas primárias em carnes curadas são dirigidas pelo nitrito, que atua como o verdadeiro agente tecnológico da cura, por seu efeito fixador da cor vermelha, que é um atributo visual de qualidade e aceitação do produto (Zhang *et al.*, 2023).

Apenas no final do século XIX demonstrou-se que o nitrato é convertido em nitrito por bactérias redutoras de nitrato, elucidando que o nitrito constitui o principal agente tecnológico da cura, responsável pelas transformações químicas fundamentais na carne curada (Sebranek; Bacus, 2007; Honikel, 2008). Essa descoberta impulsionou, ao longo do século XX, especialmente em sua primeira metade a substituição gradual do nitrato pelo uso direto do nitrito, possibilitando maior controle do processo e aumento da eficiência industrial da produção de carnes curadas (Shakil *et al.*, 2022).

Entretanto, a utilização de nitrito passou a ser questionada a partir do final da década de 1960, quando estudos evidenciaram a possibilidade de formação de N-nitrosaminas, compostos com potencial carcinogênico. Pesquisas subsequentes demonstraram que a formação dessas substâncias está fortemente relacionada à concentração residual de nitrito, às condições de processamento e ao ambiente químico da matriz cárnea, o que impulsionou a adoção de limites regulatórios rigorosos e o desenvolvimento de estratégias para controle do nitrito residual (Honikel, 2008; Pegg; Shahidi, 2000).

Atualmente, o nitrato é empregado de forma restrita, principalmente em produtos que demandam processos de cura longos, como presuntos curados a seco, embutidos fermentados e produtos cárneos dessecados, incluindo o *JB*. Nesses sistemas, o nitrato atua como um reservatório de nitrito, sendo reduzido gradualmente ao longo do processamento, assegurando a continuidade das reações de cura (Sheng *et al.*, 2025). Em contrapartida, o nitrito é amplamente utilizado em produtos de cura curta, nos quais sua adição direta garante ação imediata na estabilização da cor, no desenvolvimento do sabor característico e na inibição de microrganismos patogênicos, especialmente de *Clostridium botulinum* (Shakil *et al.*, 2022; Govari; Pexara, 2015).

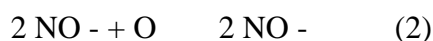
Sob a perspectiva da química da carne, a cura envolve interações complexas entre proteínas miofibrilares, pigmentos heme, lipídios e água. O nitrito atua como precursor do óxido nítrico (NO), que reage com a mioglobina formando pigmentos estáveis responsáveis pela coloração típica dos produtos curados. Além disso, o nitrito exerce efeito antioxidante, ao interferir na cadeia de reações radicalares da oxidação lipídica, contribuindo para a manutenção da qualidade sensorial e da vida útil dos produtos (Zhang *et al.*, 2023; Honikel, 2008).

Revisões recentes destacam que os sais de cura exercem funções tecnológicas multifatoriais, indo além da fixação de cor e da segurança microbiológica. Zhang *et al.* (2023) ressaltam que o nitrito desempenha papel relevante na estabilidade oxidativa e na aparência visual dos produtos, influenciando diretamente parâmetros como TBARS e colorimetria, amplamente utilizados na avaliação da qualidade de carnes curadas. Esses efeitos tornam-se particularmente relevantes em produtos secos ou altamente salgados, nos quais a oxidação lipídica pode ser favorecida pelas condições de processamento e armazenamento.

Nesse contexto, estudos recentes evidenciam que a redução de nitrato e nitrito impacta diretamente parâmetros físico-químicos e oxidativos. Karwowska, Kononiuk e Wójciak (2021) demonstraram que a diminuição dos níveis de nitrato em lombos fermentados resultou em alterações significativas nos valores de TBARS e no conteúdo de pigmentos heme, evidenciando a estreita relação entre sais de cura, estabilidade da cor e controle da oxidação lipídica. Resultados semelhantes foram observados em carnes secas e curadas, nas quais a oxidação lipídica é fortemente modulada pela interação entre teor de sal, presença de nitrito/nitrato, disponibilidade de oxigênio e tempo de estocagem (Sampaio *et al.*, 2024).

Dessa forma, a cura de carnes deve ser compreendida como um sistema multifatorial, no qual a eficácia do processo depende da interação entre sais de cura, cloreto de sódio, atividade de água, pH, microbiota e sistema de embalagem. A literatura contemporânea entende que o desafio atual da cura não reside apenas na substituição do nitrito, mas na otimização de seu uso em combinação com outras barreiras tecnológicas, de modo a garantir segurança, estabilidade oxidativa, qualidade sensorial e atendimento às demandas do consumidor por produtos com menor teor de aditivos (Sampaio *et al.*, 2024; Zhang *et al.*, 2023; Shakil *et al.*, 2022; Zhang *et al.*, 2023).

Nitratos ( $\text{NO}_3^-$ ) e nitritos ( $\text{NO}_2^-$ ) atuam como agentes de cura em produtos cárneos. Tradicionalmente, a determinação destes aditivos é realizada por espectrofotometria colorimétrica. São íons incolores, inodoros, altamente solúveis em água e de baixo teor de retenção no solo (Nollet, 2000; Seabra *et al.*, 2020). O íon nitrato é a base conjugada do ácido nítrico ( $\text{HNO}_3$ ), ácido forte ( $\text{pK}_a = -1,37$ ) que se dissocia em água formando íons nitrato. O íon nitrito possui a base conjugada do ácido nitroso ( $\text{HNO}_2$ ), ácido fraco ( $\text{pK}_a = 3,37$ ) (Andrade, 2004). Enquanto o nitrato é muito estável, o nitrito é altamente reativo (PEGG; SHAHIDI, 2000). Na natureza, os íons nitrato e nitrito são formados através de um processo de oxidação biológica (nitrificação), a partir do íon amônio, de acordo com as reações (1) e (2):



Tais reações são mediadas por microrganismos do solo como as nitrosomonas, que oxidam o íon amônio a nitrito, realizando a primeira etapa da reação (1), e as nitrobactérias, que oxidam o nitrito a nitrato (2), tornando este último mais abundante no ambiente (Salazar *et al.*, 2023).

Nitratos estão presentes em todas as plantas e são uma fonte essencial de nitrogênio, necessário ao crescimento normal delas. Sterz *et al.*, (2004) demonstraram que folhas, caules e flores de vegetais são ricos em nitratos. Os nitratos estão amplamente distribuídos no solo, na água e nos vegetais. Assim, é pelo solo que as plantas sintetizam suas proteínas celulares. A presença de nitrato nas águas ocorre devido a sua elevada hidrossolubilidade, que aumenta consideravelmente sua concentração nas águas subterrâneas, rios e poços (Andrade, 2004).

Pesquisas fundamentais sobre óxido nítrico em sistemas biológicos, desde o início da década de 1990, facilitaram o entendimento sobre o nitrito e o óxido nítrico em carnes curadas (Møller; Skibsted, 2002; Stamler; Meissner, 2001). Uma maneira simples de compreender a química dos nitritos em carnes curadas é observar o que ocorre quando esses compostos são adicionados à carne. O primeiro efeito percebido é o desenvolvimento da coloração típica desses produtos, característica amplamente associada à sua identidade sensorial. No entanto, ao se examinar com mais atenção as reações responsáveis por essa mudança de cor, torna-se evidente que a atuação do nitrito na carne envolve um conjunto de processos químicos complexos e interdependentes (Honikel, 2004; Møller; Skibsted, 2002).

O nitrito desempenha um papel fundamental na carne curada, atuando como agente bacteriostático e bactericida. O nitrito é fortemente inibidor de bactérias anaeróbias, sendo a mais importante o *Clostridium botulinum* e contribui para o controle de outros microorganismos, como *Listeria monocytogenes*, sendo que a eficácia deste sal de cura depende de vários fatores ambientais, incluindo pH, concentração de NaCl, redutores e teor de ferro, entre outros (Tompkin, 2005). Assim, as sequências de reação envolvendo o óxido nítrico são provavelmente uma parte importante do papel antimicrobiano do nitrito na carne curada. O nitrito também é responsável pela produção do sabor característico da carne curada, embora este seja provavelmente o aspecto menos compreendido da química do nitrito (Pegg; Shahidi, 2000).

As diferenças de sabor percebidas nas carnes curadas podem estar associadas à ação do nitrito na supressão da oxidação lipídica. Entretanto, o fato de outros antioxidantes não

reproduzirem o sabor típico desses produtos sugere que o papel do nitrito vai além da mera proteção contra a oxidação. Se o nitrito, de fato, formasse alguns fatores de sabor voláteis, isso representaria mais um produto de reação do nitrito na carne curada (Gray *et al.*, 1981).

O papel do nitrato/nitrito é tão comumente entendido na indústria da carne que o termo "cura" é usado como substantivo e verbo, significando nitrato/nitrito como entidades químicas ou a adição desses ingredientes à carne, respectivamente (Sebranek; Bacus, 2007).

Dentre os diversos papéis, os sais de cura, como nitrato e nitrito de sódio e de potássio, utilizados como aditivos alimentares exercem papel tecnológico fundamental, contribuindo para a estabilidade microbiológica e para a coloração característica das carnes curadas, por serem fixadores de cor quando submetidos a um processo de maturação e desidratação (Silva *et al.*, 2018). Contudo, seus efeitos adversos são principalmente representados pela metamioglobina tóxica e pela formação de nitrosaminas. Seu uso é discutível dada a possibilidade de originar compostos nitrosos de ação carcinogênica (Melo Filho *et al.*, 2004). Embora muito discutido, o uso de nitrito e nitrato como conservantes, utilizados dentro das concentrações permitidas, são fundamentais na prevenção do crescimento do *Clostridium botulinum*, que produz a toxina botulínica, potencialmente fatal (Correia, 2008).

Além das reações nitrílicas que resultam na cor da carne curada, inibição microbiana, efeitos antioxidantes e sabor, foi demonstrado que a adição de nitrito à carne resulta na formação de nitrato e gás nitrogênio, bem como reação com carboidratos e lipídios (Honikel, 2004; Pegg; Shahidi, 2000).

A crescente preocupação sobre a possibilidade de formação de nitrosaminas em alimentos contendo nitratos e nitritos bem como a sua toxicidade tem trazido preocupação quanto ao uso desses aditivos (Shakil *et al.*, 2022).

## 2.4 PRODUTOS CÁRNEOS SALGADOS

De acordo com ANVISA (2005), denominam-se carnes as partes musculares comestíveis de diferentes espécies de animais de açougue, manipuladas em condições higiênicas e provenientes de animais que no abate se apresentam em boas condições de saúde e certificados por um médico veterinário responsável pelo serviço de inspeção. O produto à base de carne é popular em todo o mundo por seu sabor único. O sabor dos produtos cárneos resulta de uma série de reações complexas envolvendo diferentes precursores e constitui um dos principais atributos de qualidade, exercendo influência direta sobre a aceitabilidade global do produto (Fu Y *et al.*, 2022).

A composição química da carne depende da espécie animal, raça, sexo, maturidade, dieta e localização anatômica do músculo, entre outras características. As alterações físicas e químicas geralmente são decorrentes da degradação de proteínas e lipídios, que é provocada tanto pela ação de agentes naturais, no caso do oxigênio, como por enzimas hidrolíticas endógenas naturalmente presentes na carne e ainda por outras substâncias (enzimas, peptídeos, aminas etc.) produzidas por microrganismos (Brasil, 2005).

O processo de salga pode ser realizado por diferentes procedimentos, sendo os mais usuais a salga a seco e a salmoura, ou uma combinação de ambos os métodos. Da mesma forma, a salga também é combinada com outras operações, como defumação, acidificação ou secagem ao ar, a fim de obter produtos estáveis. Nestes casos, a estabilidade do produto é promovida pela redução da  $a_w$  e do pH e pela ação de microrganismos competitivos (Chiralt *et al.*, 2001).

Produtos cárneos salgados, segundo a Instrução Normativa n.º 6, de 15 de fevereiro de 2001, consistem nos produtos cárneos industrializados, obtidos de carnes de animais de açougue desossados ou não, tratados com sal, adicionados ou não de sais de cura, condimentados ou não, cozidos ou não (Brasil, 2005).

As carnes bovinas salgadas mais conhecidas no Brasil são: a carne-de-sol, o charque e o *JB*, geralmente confundidos entre si. O charque é o produto cárneo, tipicamente brasileiro, oriundo do Nordeste e obtido por desidratação da carne bovina, através de salga e exposição ao sol. Já o *JB* é outra variedade de charque; sua diferença está no tipo de corte cárneo (traseiro e dianteiro) e utiliza como conservantes o nitrito e nitrato de sódio. Por fim, a carne-de-sol é elaborada de forma artesanal pela ação combinada de salga e desidratação parcial, com consumo popular em regiões do semiárido do Brasil (Pardi *et al.*, 2001; Evangelista-Barreto *et al.*, 2014).

Essas carnes, porém, diferem no processamento, nas matérias-primas, na composição química e na vida de prateleira (Lira; Shimokomaki, 1998). Na Tabela 1, constam diferenças tecnológicas de processo, matéria-prima, composição química e vida útil entre carne-de-sol, charque e *JB*. Enquanto a carne de sol, o charque e o *JB* compartilham a característica de serem produtos de carne salgada e desidratada, as diferenças em seus métodos de preparação, secagem, saborização e textura resultam em produtos distintos, apreciados em diferentes culturas e contextos culinários.

No contexto das Unidades de Alimentação e Nutrição (UANs), carne-de-sol, charque e *jerked beef* são utilizados como ingredientes intermediários em preparações como escondidinho, arroz carreteiro, feijão tropeiro e farofas proteicas, sendo a dessalga etapa obrigatória antes do preparo. O *Jerked beef* é frequentemente escolhido pela maior

padronização industrial e facilidade de porcionamento, enquanto os demais permanecem mais associados a preparações regionais. Embora compartilhem a condição de carnes salgadas e desidratadas, diferenças nos processos de salga, cura e secagem resultam em produtos com comportamentos culinários distintos, influenciando rendimento, aparência e aceitação sensorial. Do ponto de vista nutricional, a dessalga permite reduzir o teor de sódio e viabiliza seu uso em cardápios coletivos, mas pode impactar atributos tecnológicos, reforçando a importância do controle do pré-preparo para equilibrar qualidade, segurança e aceitabilidade em UANs.

**Tabela 1.** Diferenças tecnológicas de processo, matéria-prima, composição química e vida útil entre carne-de-sol, charque e *Jerked beef*, Brasil - 2020.

<b>Características</b>	<b>Carne de sol</b>	<b>Charque</b>	<b><i>Jerked beef</i></b>
Teor de sal (NaCl)	5 - 6 %	15-20%	15-20%
Umidade	64-70 %	45-50 %	45-50 %
<i>aw</i>	0,92	0,70-0,80	0,70-0,80
Embalagem	Ausente	Sem vácuo	Com vácuo
Aditivos	Ausente	Ausente	Nitrito e nitrato de sódio
Matéria-prima	Patinho, coxão mole e alcatra (cortes nobres)	Ponta de Agulha, acém e pescoço (dianteiro)	Ponta de agulha (melhor qualidade)
Processamento	Típico regional	Industrial	Industrial
Vida de prateleira	3-4 dias	4-6 meses	06 meses

Fonte: Adaptado de Alves (2008; BRASIL (2020)

## 2.5 O *JERKED BEEF*

O *Jerked beef* (JB) consolidou-se como a etapa mais recente da evolução das carnes salgadas no Brasil, emergindo no final do século XX como uma alternativa tecnológica ao charque tradicional. Seu desenvolvimento foi impulsionado, sobretudo a partir da década de 1990, pela necessidade de ampliar mercados consumidores e atender a exigências sanitárias e comerciais cada vez mais rigorosas, levando a indústria cárnea nacional a buscar produtos com maior padronização físico-química, estabilidade microbiológica e vida útil ampliada (Biscontini; Lopes Filho; Shimokomaki, 1992; Pinto *et al.*, 1998; Carvalho Júnior, 2002; Ambiel, 2004; Duarte, 2012).

Nesse contexto, a denominação em língua inglesa reflete sua origem voltada ao mercado externo, atuando como diferencial comercial em relação ao charque e facilitando sua inserção em mercados internacionais (FAO, 2011; ABIEC, 2015). Além disso, o produto passou a ser direcionado sobretudo a mercados da América Latina, África e outros países emergentes, onde carnes salgadas e dessecadas são bem aceitas pela maior estabilidade em condições de armazenamento menos controladas e pelo custo competitivo (FAO, 2011; ABIEC, 2015).

Diante desse cenário, o *Jerked beef* foi progressivamente adotado como produto estratégico de exportação, por combinar maior estabilidade microbiológica, padronização do processo produtivo e vantagens logísticas, atendendo especialmente cadeias de distribuição mais longas e regiões com infraestrutura de refrigeração limitada (Biscontini; Lopes Filho; Shimokomaki, 1992; Duarte, 2012).

Essa trajetória culminou com sua institucionalização no arcabouço regulatório brasileiro, tendo sua identidade e requisitos de qualidade estabelecidos pelo Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade (RTIQ), aprovado pela Instrução Normativa SDA/MAPA nº 92, de 18 de setembro de 2020, que classifica o produto como carne bovina salgada curada dessecada, obtida mediante adição de NaCl e sais de cura, seguida de processos de maturação e dessecação. Essa normativa define parâmetros físico-químicos fundamentais, como limites máximos de atividade de água e de umidade, assegurando a estabilidade microbiológica e a qualidade ao longo da vida de prateleira.

Do ponto de vista produtivo, o JB é elaborado principalmente com carnes do dianteiro e cortes de menor valor econômico do traseiro bovino, sendo comumente produzido a partir da desossa da paleta e do acém completo, apenas desdobrados, sem manteamento (Carvalho Júnior, 2002). Tecnologicamente, diferencia-se do charque pela incorporação de nitrito de sódio

na salmoura, o que contribui para a eliminação de odores indesejáveis e para o desenvolvimento de coloração característica, além do uso de embalagem a vácuo, que melhora a aparência e prolonga a durabilidade do produto. Essas modificações favoreceram sua aceitação pelo consumidor e pelo varejo moderno (Pinto et al., 1998; Ambiel, 2004). Somado a isso, ao menor custo de produção, associado aos maiores teores de umidade e sal legalmente permitidos foi determinante para a crescente popularidade do *Jerked beef* no segmento industrial (Carvalho Júnior, 2002).

Durante o processamento do JB ocorre transferência de massa em contrafluxo, com difusão de umidade do interior para o exterior da carne e de sal em sentido oposto, resultando em redução da umidade, aumento do teor de sal e diminuição da atividade de água, fatores determinantes para sua estabilidade microbiológica e físico-química (Sabadini *et al.*, 2001; Molina-Filho *et al.*, 2006).

Esses mecanismos fundamentam-se na Teoria dos Obstáculos (Hurdle Technology), segundo a qual a combinação de múltiplos fatores limitantes como  $a_w$  reduzida e elevado teor de sal inibe o crescimento microbiano, mesmo quando isoladamente seriam insuficientes (Leistner, 1995; Shimokomaki *et al.*, 1998). Nesse contexto, o JB enquadra-se como produto cárneo de umidade intermediária, apresentando baixos níveis microbianos associados à reduzida umidade e atividade de água (Pinto, 1993; Yang *et al.*, 2009).

A salga úmida é realizada por injeção de salmoura contendo sais de cura (NaCl, nitrato e/ou nitrito de sódio) por meio de injetores de múltiplas agulhas, com volume equivalente a aproximadamente 30–35% do peso inicial da carne. Esse procedimento promove redução imediata da atividade de água no interior das peças, estimada em cerca de 0,96, considerando a retenção aproximada de 20% da salmoura. Em seguida, as peças são submetidas à salga seca em ambiente climatizado, lavagem e dessecação (Pinto *et al.*, 1998), (Figura 1).

Tempo aproximado de processamento	Matéria-prima (carne bovina-traseiro)
2 dias	Desossa e manutenção ↓ Injeção automática de salmoura (salga úmida) ↓
3 - 5 dias	Salga seca ↓ Tombos ↓ Lavagem para retirada de sal (superficial) ↓
5 - 10 dias	Exposição ao sol abafamento ↓ Embalagem a vácuo
Validade: 4 - 6 meses	↓ Comercialização

**Figura 1.** Fluxograma do processamento de *Jerked beef* (Pinto *et al.*, 1998).

Quando empregados, podem ser adicionados durante a fase inicial de salga ou maturação, concentrados de microrganismos desejáveis tolerantes às altas concentrações de sal no preparo do *JB* com o objetivo incrementar a sua qualidade organoléptica e microbiológica (Pinto *et al.*, 1993). As condições de processamento selecionam a microbiota, permanecendo no produto apenas bactérias da família *Micrococcaceae*, com predominância de *estafilococos* coagulase negativos. No produto elaborado sob sistema modelo, as linhagens de estafilococos utilizadas como culturas iniciadoras promoverão a hidrólise das proteínas sarcoplasmáticas e miofibrilares, o que favorece as características sensoriais do produto. Essas linhagens não produzem compostos ativos contra *Staphylococcus aureus*, mas inibem o desenvolvimento desse patógeno provavelmente por mecanismo competitivo (Pinto, 1996). No *JB*, a adição de nitrito desempenha um papel que vai além da formação da cor, do sabor e do aroma típicos das carnes curadas. Esse composto também atua sobre a microbiota do produto, modulando seu

desenvolvimento ao longo do processamento e contribuindo decisivamente para as características finais do alimento (Honikel, 2008; Sebranek; Bacus, 2007;).

Ao investigar o processamento industrial de carnes salgadas, Biscontini (1996) descreveu um conjunto de transformações bioquímicas e estruturais que ajudam a explicar as mudanças observadas no produto, no qual a autora demonstrou que a salga e a exposição a temperaturas entre 30 e 42 °C durante a secagem afetam a solubilidade das proteínas, além de provocar perdas de proteínas miofibrilares e colágenas, refletindo diretamente na textura da carne e do ponto de vista estrutural, o processamento promoveu alterações como fragmentação da linha Z, mudanças na organização das bandas A e I, redução das fibras colágenas e encolhimento celular, embora sem comprometer completamente a integridade das miofibrilas (Biscontini, 1996).

No contexto do consumo, especialmente em UANs, o *JB* é usualmente submetido a procedimentos de dessalga antes de sua utilização culinária. Entretanto, essas práticas são realizadas de forma empírica, sem padronização de tempo e temperatura, podendo promover aumento da atividade de água e redução dos teores de sal e sais de cura justamente os principais obstáculos responsáveis pela estabilidade microbiológica do produto. Ressalta-se que tais etapas não são contempladas pela legislação vigente, uma vez que o Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade se restringe às fases industriais de elaboração, não abordando as modificações físico-químicas decorrentes do pré-preparo culinário.

Dessa forma, a dessalga pode descaracterizar o perfil tecnológico originalmente estabelecido para o *Jerked beef*, criando condições favoráveis ao desenvolvimento microbiano, especialmente quando associada a tempos prolongados e temperaturas inadequadas, situação frequentemente observada em rotinas operacionais de UANs. Esse cenário evidencia uma lacuna regulatória relevante e reforça a necessidade de estudos que avaliem o impacto do binômio tempo × temperatura da dessalga sobre a segurança e qualidade do produto após sua reidratação.

Além dos aspectos regulatórios, a dessalga apresenta implicações práticas relevantes do ponto de vista nutricional e de saúde pública, sobretudo quanto à redução do consumo de sódio. Não obstante o RTIQ reconheça o papel tecnológico do sal e dos sais de cura na conservação do *JB*, não estabelece diretrizes relacionadas ao teor de sódio no produto após o preparo para consumo. Assim, a caracterização dos efeitos da dessalga sobre a composição química, a oxidação lipídica e os teores residuais de nitrito e nitrato contribuem para o desenvolvimento de práticas de pré-preparo mais seguras e nutricionalmente adequadas, sem comprometer a qualidade do alimento.

Essa lacuna normativa reforça a importância de estudos científicos que avaliem os impactos da dessalga sobre parâmetros diretamente relacionados aos critérios regulatórios originalmente estabelecidos para o produto. Dessa forma, os resultados desta tese fornecem subsídios científicos para a proposição de recomendações técnicas voltadas ao uso do JB em serviços de alimentação coletiva, alinhando os requisitos regulatórios da etapa industrial às necessidades práticas do consumo. Ao integrar parâmetros legais, tecnológicos e nutricionais, o estudo contribui para a redução do teor de sódio na dieta, para a promoção da saúde e para o aprimoramento das práticas de manipulação e preparo de produtos cárneos salgados e curados.

## 2.6 DESSALGA DE CARNES

A dessalga é a etapa em que as carnes salgadas são submetidas à retirada parcial do sal sob condições seguras. Segundo a Portaria do Centro de Vigilância Sanitária (CVS), a troca de água deverá ocorrer a cada quatro horas, em temperatura máxima de 21 °C ou por imersão em água sob refrigeração até 10 °C, ou pelo processo de fervura (São Paulo, 1999). Em 2011, a Secretaria Municipal de São Paulo determinou, por meio da Portaria 2619/11, que a etapa da dessalga deve ser realizada somente em água potável sob refrigeração até 5 °C ou por meio de fervura (São Paulo, 2011). Essas portarias têm em comum a recomendação de realizar a dessalga sob refrigeração. No entanto, não foram encontrados na literatura estudos que justifiquem a não utilização da dessalga à temperatura ambiente, nem foi previsto um tempo para a realização do processo. Até o momento não há na legislação uma recomendação ou norma de âmbito nacional que oriente a população quanto ao procedimento de dessalga de carnes. Existe apenas uma cartilha da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (BRASIL, 2007), informando como proceder a dessalga de pescados salgados secos, como o bacalhau. Nessa cartilha, recomenda-se a dessalga do bacalhau sob refrigeração, com o objetivo de preservar suas características sensoriais.

Diante disso, observa-se que, apesar de o processo de salga estar bem definido na literatura, ainda não há um procedimento abalizado em termos científicos para a dessalga desses produtos considerando parâmetros importantes como teor de sódio residual, teores de nitrato e nitrito de sódio e sua composição química e segurança higiênico-sanitária.

Apesar de se constituírem em alimentos tipicamente nacionais, os registros sobre charque e JB são escassos na literatura (Correia; Biscontini, 2003). Dois trabalhos (Duarte, 2013; Vasconcelos *et al.*, 2010) apresentam dados sobre dessalga de carne no Brasil (um com JB e outro com charque). O primeiro objetivou avaliar a inocuidade no processo de dessalga do

JB. E concluiu que: 1) A dessalga do JB à temperatura ambiente por 24 horas, seguida de cocção, é um procedimento seguro e de inocuidade para aplicação em serviços de alimentação. 2) A dessalga à temperatura ambiente por 24 horas é um procedimento de risco, pois há um aumento da contagem de aeróbios mesófilos aeróbios estritos e facultativos viáveis, coliformes totais, coliformes termotolerantes e *Staphylococcus aureus*. Este último atingiu contagens próximas às que podem causar intoxicação alimentar. 3) A dessalga à temperatura ambiente por 24 horas, seguida de cocção, é semelhante à dessalga sob refrigeração, quando se comparam os valores de contagem de *S. aureus*, coliformes totais, coliformes termotolerantes e *Salmonella sp.* (Duarte, 2013).

O segundo estudo descreveu as técnicas culinárias domésticas de dessalga empregadas por uma população de hipertensos do Nordeste do Brasil (Vasconcelos *et al.*, 2010). A técnica de dessalga mais utilizada pela população foi a de submeter o charque à fervura (seguida ou não de lavagem), relatada por 201 pessoas (67,0%). A segunda técnica referida foi a de escalda (despeja-se água quente sobre o alimento) e, em seguida, lava-se o charque: técnica utilizada por 33 entrevistados (11,0%). Estas técnicas foram replicadas em laboratório e verificou-se que, em geral, a maior redução de sódio ocorreu após a aplicação das técnicas de fervura. Essa redução se intensificava proporcionalmente à medida em que o número de fervuras também aumentava. O fato de ferver o charque duas vezes quase dobrou a redução de sal quando comparado a uma única fervura. Dessa forma, as técnicas que mais reduziram a quantidade de sal do charque foram: (1) ferver duas vezes e, em seguida, lavar uma vez; e (2) ferver duas vezes, com reduções de 56,80% e 53,80% no teor de cloretos, respectivamente. O estudo não detalhou os métodos utilizados no preparo das amostras, bem como as técnicas de análise do sódio.

A literatura internacional apresenta estudos sobre a dessalga de pescados em função do hábito de outras populações fora do Brasil. O bacalhau do Atlântico (*Gadus morhua*) é altamente apreciado como produto salgado nos países do Mediterrâneo e da América Latina, tanto pelo seu valor nutricional quanto pelas características sensoriais, adquiridas em parte pela cura salgada (Martínez-Alvarez, 2005). Devido à alta concentração de sal no músculo do peixe (aproximadamente 160–200 kg), o bacalhau salgado e curado deve ser dessalgado antes do seu consumo (Andrés *et al.*, 2005). Muitas vezes, a dessalga envolve a imersão dos peixes na água da torneira à temperatura ambiente ou sob refrigeração com várias mudanças de água, resultando na absorção de água e na saída de sal do músculo e, conseqüentemente, na diminuição da firmeza muscular obtida pela salga. O processo geralmente leva cerca de dois dias, embora dependa da espessura dos pedaços de peixe. Depois da reidratação, os peixes

podem ser consumidos imediatamente, armazenados refrigerados por alguns dias ou congelados e utilizados em várias preparações. A dessalga é um processo demorado e tedioso que geralmente é realizado em casa pelo consumidor final (Muñoz-Guerrero *et al.*, 2010; Barat *et al.*, 2004).

No entanto, a crescente demanda dos consumidores por produtos "fáceis" ou "prontos para uso" e a tendência atual em dietas com baixo teor de sódio aumentaram a necessidade de incluir a etapa de dessalga entre as operações industriais. Isso tem sido feito por vários fabricantes, principalmente para a produção de bacalhau dessalgado congelado, de forma semelhante à realizada pelos consumidores em casa (Barat *et al.*, 2004; Martínez-Alvarez, 2005).

A otimização da dessalga de bacalhau em escala industrial envolve a análise de muitas variáveis do processo, como temperatura do processo, tamanho da amostra, zona muscular do peixe (uma vez que a espessura pode afetar as características do produto dessalgado), relação bacalhau/água e tempo de contato (Barat *et al.*, 2004). O controle da temperatura é extremamente importante devido ao rápido crescimento microbiano no bacalhau, uma vez que, ao ser dessalgado, o peixe pode deteriorar-se. Isso acontece porque, após a reidratação, as condições de crescimento bacteriano tornam-se muito favoráveis, devido ao alto teor de água (aproximadamente 800 g/kg) e baixa concentração de sal (20-40 g/kg) encontrados no produto (Pedro *et al.*, 2002).

Antes de dessalgar, o bacalhau salgado é geralmente cortado em pedaços de diferentes tamanhos e formas (lombo, nadadeira, cauda e pedaços correspondentes ao músculo com diferenças de massa, dependendo da parte do peixe) que devem ser comercialmente aceitáveis. Este é um aspecto prático vital para a indústria do bacalhau, pois o tempo necessário para a dessalga dependerá em grande parte da zona muscular e da espessura da peça (Andrés *et al.*, 2005).

O conhecimento científico existente sobre o processo de dessalga do bacalhau do Atlântico ainda não é considerado suficiente. Por isso, Oliveira *et al.* (2015) avaliaram as alterações físico-químicas, microbiológicas e sensoriais e suas causas durante a dessalga de bacalhau por até 72 horas em três temperaturas (5, 10 e 15 ° C). A influência da espessura também foi avaliada. O bacalhau foi cortado em paralelepípedos sem osso e em peças em forma de cubo, com  $1,0 \pm 0,1$  cm e  $3,5 \pm 0,2$  cm de espessura, para reduzir a variabilidade. Os diferentes pedaços de bacalhau foram então dessalgados separadamente em água destilada durante 72 horas em diferentes temperaturas (5, 10 e 15 ° C  $\pm 1$  ° C), utilizando uma proporção

de bacalhau/água de 1: 9, sem mudanças de água. Todas as amostras foram deixadas de molho com o lado da pele para cima, sem sobreposição e sem agitação.

A escolha das temperaturas de 5 °C e 10 °C foi justificada para reproduzir as condições industriais e a temperatura mais alta (15 °C) para reproduzir o eventual abuso de temperatura que pode ocorrer na indústria e simular condições domésticas. A razão bacalhau/massa de água de 1:9 foi considerada adequada para a realização do processo de acordo com experimentos anteriores (Oliveira *et al.* (2015).

A razão para deixar as amostras em repouso por no mínimo 24 horas é que a operação de dessalga não é um processo instantâneo. Enquanto a amostra de bacalhau está em contato com sua solução de dessalga, o principal efeito é a penetração de água na amostra. Além disso, alguns processos de estabilização ocorrem: a água é ligada a proteínas e os cristais de sal são dissolvidos na fase líquida. Esses processos são espontâneos e consomem muito tempo, portanto, continuam depois que o tempo de dessalga é concluído. Ainda que esses processos não afetem a quantidade total de cada componente, que é dada pelo tempo de dessalga, eles modificam o valor da atividade de água, afetando as propriedades organolépticas do produto. Portanto, essas propriedades devem estar relacionadas às propriedades dielétricas medidas logo após a remoção das amostras da solução de dessalga, a fim de avaliar a viabilidade do processo em linha (De Los Reyes *et al.*, 2009). Reduzir o teor de sal mantendo a qualidade tecnológica e sensorial dos produtos cárneos ainda é um desafio relevante. Por isso, a substituição parcial do cloreto de sódio por sais de base metálica tem se destacado como a principal estratégia tecnológica para desenvolver produtos com menor teor de sódio e perfil mais saudável. (Pateiro *et al.*, 2021).

Nota-se com esta revisão a clara lacuna científica quanto às diferentes variáveis intervenientes no processo de dessalga, em diferentes tipos de alimentos salgados, mas, em especial, o *JB*. Os poucos estudos realizados podem subsidiar algumas escolhas metodológicas, mas não são suficientes para definir um método adequado de dessalga no contexto de UANs. É neste sentido que se faz necessária a presente pesquisa.

## 2.7 CONSUMO DE SAL NA POPULAÇÃO BRASILEIRA

O sódio (Na) é um metal alcalino que desempenha papel relevante na biologia e na tecnologia. No meio biológico, é encontrado na forma do seu cátion ( $\text{Na}^+$ ), cuja função é manter a eletroneutralidade celular e conservar a tonicidade, por meio da pressão osmótica intracelular, para que a célula não retenha quantidades excessivas de água. Como a membrana celular é

semipermeável, permitindo o transporte por osmose, a entrada da glicose na célula está associada à entrada de íons de sódio pelo gradiente de concentração, que são removidos do meio intracelular pela bomba de sódio e potássio (Junqueira; Carneiro, 2012).

Diversos alimentos habitualmente consumidos pela população apresentam quantidades excessivas de sódio, tanto pelo seu papel na intensificação de sabor quanto pelo seu papel como conservante. A Organização Mundial da Saúde (OMS) recomenda que a ingestão diária de sódio seja de até 2 gramas de sódio por dia, equivalente ao contido em 5,5 gramas de sal de cozinha ou de mesa (Cloreto de sódio - NaCl). Estima-se que cerca de 95 % das populações possuam ingestão acima do recomendado pela OMS, com variações de 2,2 g/dia a 5,5 g/dia de sal (Powles *et al.*, 2013). Dados norte-americanos de 2015 revelaram que a hipertensão arterial estava presente em 69% dos pacientes com primeiro episódio de infarto agudo do miocárdio (IAM), 77% com acidente vascular encefálico (AVE), 75% com insuficiência cardíaca e 60% com doença arterial periférica (Mozaffarian *et al.*, 2015).

No Brasil, dados da Pesquisa de Orçamentos Familiares (POF, 2009), obtidos em 55.970 domicílios, mostraram disponibilidade domiciliar de 4,7 g de sódio/pessoa/dia (ajustado para consumo de 2.000 kcal), excedendo em mais de duas vezes o consumo máximo recomendado (2 g/dia) (Sarno *et al.*, 2013). O impacto de uma dieta rica em sódio estimada pela pesquisa realizada pela Pesquisa Vigitel em 2019 indicou que cerca de 24,5% da população brasileira adulta referiram diagnóstico de hipertensão arterial (Brasil, 2020). Junto com a diabetes, suas complicações (cardíacas, renais e AVE) têm impacto elevado na perda de produtividade no trabalho e de renda familiar, estimada em US\$ 4,18 bilhões entre 2006 e 2015 (Abegunde *et al.*, 2017). A HAS é responsável por 45% das mortes por eventos cardíacos e por 51% das mortes decorrentes de AVE (Organização Mundial da Saúde (OMS), 2013).

Ao longo do tempo, observa-se aumento da preocupação dos consumidores com os elevados níveis de ingestão de NaCl, em razão da associação direta com o desenvolvimento de doenças crônicas não transmissíveis (DCNT). De acordo com a Organização Mundial da Saúde, a hipertensão arterial figura entre os principais fatores de risco cardiovascular, sendo responsável por aproximadamente 65% dos infartos agudos do miocárdio e por cerca de 80% dos acidentes vasculares encefálicos. Nesse cenário, a indústria de alimentos tem buscado estratégias para reduzir a adição de NaCl aos produtos, uma vez que a reformulação de alimentos processados impacta diretamente a fração de sódio cuja redução não depende exclusivamente das escolhas individuais do consumidor (OMS, 2023; IBGE, 2020)

No Brasil, o Ministério da Saúde tem liderado a implementação de estratégias nacionais para reduzir o consumo de sódio, considerado um importante fator de risco para o

desenvolvimento de DCNT. As intervenções de caráter regulatório incluem diversas medidas de promoção da alimentação saudável, educação nutricional e, sobretudo, a celebração de acordos voluntários com entidades representativas da indústria para a redução gradativa dos teores máximos de sódio permitidos para categorias prioritárias de alimentos processados. Estudos liderados por Nilson *et al.*, (2017; 2021) evidenciaram uma redução mensurável dos teores de sódio em vários produtos industrializados após a implementação dos acordos a partir de 2011, indicando o potencial de êxito da cooperação entre governo e indústria. Subsequentes avaliações revelaram uma implementação parcial dos acordos, mas confirmaram sua importância como uma política complementar às estratégias regulatórias relacionadas com os dados excesso de sódio no país (Ricardo *et al.*, 2022)

Conforme os dados do Inquérito Nacional de Alimentação (INA) realizado em 2008-2009, o consumo médio de sódio na população brasileira foi de 3.190 mg/dia (Souza *et al.*, 2016) e encontra-se acima do nível máximo tolerável de 2.000 mg/dia para adultos, recomendado pela OMS.

Segundo Sarno *et al.* (2013), a contribuição dos alimentos processados no consumo médio de sódio aumentou de 17,2% para 20,5% e, nessa mesma vertente, o estudo sobre o impacto da redução do teor de sódio em alimentos processados no consumo de sódio no Brasil avaliou que as metas de redução de sódio em alimentos processados possuem pequeno impacto no consumo médio de sódio na população brasileira. Neste sentido, políticas públicas voltadas para o estímulo de mudanças comportamentais que visem à redução da adição de sal no preparo de alimentos, tendo como base o novo Guia Alimentar para a População Brasileira, desempenham papel fundamental para mudanças efetivas no padrão de consumo de sódio na população brasileira (De Moura *et al.*, 2016).

Castro *et al.*, (2014) consideram que a adição de sal na refeição pronta é um indicador de maior consumo de sal e têm como hipótese que homens apresentam maior frequência de adição de sal do que mulheres. Tal hipótese foi investigada com base no marcador de padrão alimentar “adição de sal à refeição pronta”, presente no questionário do Vigilância de Fatores de Risco e Proteção para Doenças Crônicas por Inquérito Telefônico (VIGITEL),2006.

Processos de dessalga são estratégias para reduzir o consumo de sal em UANs e em domicílios. Com o hábito da população brasileira de consumo de produtos cárneos salgados e a ausência de processos adequados de dessalga, as pesquisas sobre o consumo alimentar e a avaliação do consumo de sódio podem estar subestimadas. Demonstra-se a necessidade de estabelecer as melhores técnicas de dessalga para reduzir o consumo de sódio na população.

### 3 OBJETIVOS

#### 3.1 GERAL

- Avaliar os efeitos do processo de dessalga sobre a composição química e as características tecnológicas do *Jerked beef*, considerando diferentes condições de processamento.

#### 3.2 ESPECÍFICOS

- Determinar a relação mais eficaz tempo x temperatura para o processo de dessalga de *Jerked beef*.
- Determinar a redução do teor de sódio das amostras de *Jerked beef* antes e após a dessalga.
- Caracterizar a composição química das amostras de *Jerked beef* antes e após a dessalga.
- Avaliar os parâmetros tecnológicos do produto após a dessalga, incluindo pH, acidez e oxidação lipídica das amostras de *Jerked beef* antes e após a dessalga.
- Analisar os efeitos da dessalga sobre os parâmetros colorimétricos nas amostras de *Jerked beef* antes e após a dessalga.
- Quantificar os teores de nitrito e nitrato nas amostras de *Jerked beef* antes e após a dessalga.
- Comparar a eficiência das diferentes condições de dessalga quanto à adequação nutricional e manutenção da qualidade tecnológica do produto.

## 4 MATERIAIS E MÉTODOS

Trata-se de uma pesquisa de natureza exploratória com abordagem quantitativa, dividida em cinco etapas: 1) Determinação das técnicas de pré-preparo de corte e dessalga das amostras de *Jerked beef*, realizada no Laboratório de Técnica Dietética do Departamento de Nutrição da Universidade de Brasília (FS/UnB); 2) Determinação da composição físico-química, realizada no Laboratório de Análise de Alimentos, da Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da UnB (FAV/UnB); 3) Determinação do teor de sódio realizado no laboratório de Geoquímica do Instituto de Geociências (IG/UnB); 4) Determinação do teor de nitrito e nitrato realizado no laboratório de Bioquímica da Nutrição (NMT/UnB) e a 5) Análise estatística. O presente estudo contou com apoio financeiro da Fundação de Apoio à Pesquisa do Distrito Federal (FAP-DF), por meio do processo nº 00190001769/2021-1.

### 4.1 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

O presente estudo foi conduzido em delineamento em blocos completos casualizados, com os blocos representados por três lotes (A, B e C) e quatro tratamentos de dessalga (controle, dessalga à temperatura ambiente, dessalga sob refrigeração, dessalga quente e controle). Em cada lote e em cada tratamento, foram utilizadas nove porções independentes, com variação de peso nas duas últimas casas decimais, totalizando, portanto, 108 unidades experimentais.

#### 4.1.1 Definição das amostras

A amostragem foi realizada com produtos denominados *JB*, em embalagens de 500 g, de três fabricantes distintos, de diferentes lotes, totalizando 27 amostras, adquiridas em estabelecimentos comerciais de Brasília - DF. Todas as amostras foram bovinas de cortes traseiros.

A técnica de pré-preparo compreendeu a retirada parcial da gordura superficial, seguida do fracionamento das amostras em porções de aproximadamente 50–70 g, cortadas em cubos com arestas de cerca de  $3 \times 3$  cm. Essas dimensões foram definidas de modo a reproduzir o padrão usual de preparo em Unidades de Alimentação e Nutrição (UANs), assegurando simultaneamente a homogeneidade das amostras e a reprodutibilidade experimental. Após o

procedimento de dessalga, as amostras foram submetidas às etapas subsequentes de processamento, conforme apresentado na Figura 2.



**Figura 2.** Etapas de processamento de amostras de *Jerked beef*: 2a (amostras JB); 2b (amostras em cubos); 2c (amostras processadas) (arquivo pessoal).

#### 4.2 DETERMINAÇÃO DAS TÉCNICAS DE DESSALGA

Para a dessalga, foram utilizados os critérios estabelecidos na Portaria CVS 6/99 (São Paulo, 1999), com os seguintes tratamentos (Figura 3):

TC - Tratamento controle

DTA – Dessalga em temperatura ambiente, em água a 23°C, por 12 horas, com apenas uma troca de água;

DTR – Dessalga sob temperatura de refrigeração, em água a 5 °C, por 12 horas, com apenas uma troca de água;

DTQ – Dessalga em temperatura quente, seguida de cocção em água em ebulição, por 60 minutos, desligava o fogo e emergia as amostras na água até atingir 50 °C, com apenas uma troca de água.

A proporção de água foi de 1:3 (carne/água). As amostras foram processadas em um multiprocessador de alimentos, armazenadas em porções e, posteriormente, analisadas conforme a metodologia científica descrita para cada método. Todas as técnicas estabelecidas foram desenvolvidas em nove repetições.



T. Controle



T. Ambiente



T. Refrigerada



T. Quente

**Figura 3.** Tratamentos de dessalga das amostras de *Jerked beef* (arquivo pessoal).

### 4.3 DETERMINAÇÃO DAS ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS

#### 4.3.1 Teor de sódio direto

Para a análise das carnes, foi coletado 1g de amostra de cada tratamento, com nove repetições e colocadas em cadinhos de porcelana para ser incinerado em uma mufla (EDG 1800) a 550°C. Após esfriar, realizou-se a digestão ácida do conteúdo, utilizando 50 mL de ácido clorídrico (HCl) a 10%, agitando o conteúdo com agitador magnético até a completa dissolução.

A solução foi transferida para um balão volumétrico de 100 mL, completando o volume com água destilada para 100 mL. Desta solução, coletou-se a alíquota de 0,05 mL de solução e depositou-se em tubo falcon, a fim de diluir com 5 mL de água destilada, na proporção de 1:100, as amostras de carne solubilizadas foram avaliadas diretamente nos tubos falcon e, com base no resultado da leitura, foi realizado o cálculo para encontrar a concentração de sódio em mg/100g. O teor de sódio foi determinado pelo espectrômetro ICP-OES (5100, Agilent, USA) segundo a metodologia AOAC (2005). Para a curva de calibração de seis pontos ( $p_0 = 0$ ;  $p_6 = 6,32209$ ), utilizou-se o padrão de referência de 10 g/L de Na em ácido nítrico (Sigma-Aldrich).

#### 4.3.2 Teor de umidade - Secagem direta em estufa a 105 °C

A determinação do teor de umidade foi realizada pela secagem direta em estufa (Marconi – MA035/1) a 105 °C, com nove repetições, de acordo com o Instituto Adolfo Lutz (IAL, 2008). Em uma balança (Shimadzu – ATX224R), pesou-se 1g da amostra em cápsula de porcelana, anteriormente tarada. Depois, a amostra foi disposta em estufa (Marconi – MA035/1) a 105 °C por 4 horas. Seguindo deste tempo, o conjunto cápsula e amostra foi resfriado em dessecador de vidro preenchido com microesferas de sílica e, posteriormente, pesado até ter obtido o peso constante, para a execução do cálculo.

Fórmula:

$$(100 \times N) \div P = \text{umidade a } 105 \text{ }^\circ\text{C por cento m/m}$$

N = nº de gramas de umidade (perda de massa em g)

P = nº de gramas da amostra

#### 4.3.3 Teor de cinzas

Foi utilizado o método de incineração (cinzas) em mufla (Linn Elektro Therm) a 550°C e depois resfriada em temperatura ambiente, conforme orienta a *Association of Official Analytical Chemists* (AOAC,1998). A perda de massa corresponde ao teor de matéria orgânica do produto, já que essa matéria será completamente carbonizada a essa temperatura. Para obtenção do resultado composição centesimal, o valor foi convertido para 100 g do produto.

Fórmula:  $(100 \times N) \div P = \text{cinzas por cento m/m}$

N = nº de gramas de cinzas

P = nº de gramas da amostra

#### 4.3.4 - Teor de proteína - Método de Kjeldahl modificado

Para a determinação da proteína bruta nas amostras desenvolvidas, com nove repetições, foi utilizado o método de Kjeldahl, conforme descrito pela AOAC (2006), método 990.03 (AOAC, 2006). Em um primeiro momento, no tubo digestor termorresistente de borosilicato, foi pesado 0,15 g de cada amostra e foi adicionado 1 g de mistura catalítica. Em seguida, foram adicionados 3,5 ml de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (ácido sulfúrico concentrado) e a solução aquecida por 3h, à temperatura de 450 °C, com aumento gradativo de 100 °C de 15 em 15 minutos até atingir a temperatura final. Após o resfriamento, a solução foi diluída com 10 ml de água destilada e posicionada no destilador de nitrogênio (New Lab 62-03). Para cada repetição, foram acrescentados 10,5 ml de hidróxido de sódio (NaOH) 40% no destilador de nitrogênio para que ocorresse a reação. O NH<sub>3</sub> destilado é recolhido em 7,5 mL de ácido bórico (H<sub>3</sub>BO<sub>4</sub>) a 4%. De forma subsequente, o NH<sub>3</sub> foi quantificado através da titulação com ácido clorídrico (0.1N) até o ponto de viragem. Os indicadores de coloração foram o vermelho de metila associado ao azul de metileno respectivamente.

Fórmula:

$$\% \text{ Nitrogênio} = V \text{ gasto (HCl)} \times N(\text{HCl}) \times f(\text{HCl}) \times 14 \times 100 / P \text{ (amostra mg)}$$

$$\% \text{ Proteína} = \% \text{ Nitrogênio} \times 6,25$$

V = volume de ácido clorídrico 0,1M gasto na titulação

P = nº de gramas da amostra

f = fator de conversão (6,25)

#### 4.3.5 - Teor de lipídios

Para determinar o teor de lipídeos nas amostras, com nove repetições, foi utilizado o método de extração com éter de petróleo (AOCS, 2005), usando o aparelho ANKOM<sup>®</sup>. Cada amostra, com 1 g de peso, foi colocada em filtros de extração do tipo XT10 e selada por meio de calor direto. Em seguida, as amostras foram secas em estufa a 105 °C por 3 horas e,

posteriormente, resfriadas em um dessecador de vidro com sílica, para manter a umidade controlada. Após o resfriamento, as amostras foram inseridas no equipamento, onde permaneceram por 50 minutos em contato com o éter de petróleo, que dissolveu e extraiu os lipídios por arraste.

Por fim, as amostras foram resfriadas novamente e pesadas em uma balança analítica. O teor de lipídeos foi calculado pela diferença entre o peso inicial e o final, descontando-se também o peso de umidade antes do processo de secagem. Por fim, as amostras foram pesadas para o cálculo.

Fórmula:

$$(100 \times N) \div P = \text{lipídios por cento m/m}$$

#### 4.3.6 Teor de carboidrato

A determinação do teor de carboidrato foi feita pelo método da diferença, onde são calculados a diferença do peso total da amostra subtraída do teor de proteína, do teor lipídico, do teor de umidade e do teor de cinzas.

Fórmula:

$$100 - (P + L + U + C) = \text{carboidrato por cento m/m}$$

P = nº de gramas de proteína

L = nº de gramas de lipídios

U = nº de gramas de umidade

C = nº de gramas de cinzas

#### 4.3.7 Teor de pH

A determinação do pH foi realizada com nove repetições, conforme descrito pelo Instituto Adolfo Lutz (IAL, 2008). Em um béquer, previamente tarado em balança (Shimadzu – ATX224R), pesaram-se 5 g da amostra e, em seguida, foram adicionados 50 mL de água. Com o auxílio do bastão de vidro, através de movimentos de rotação, a solução foi homogeneizada. Após isso, inseriu-se o eletrodo do pHmetro de bancada (Digimed – DM21) na mistura e, de maneira direta, simples e precisa, fornecia o valor de pH.

#### 4.3.8 Teor de acidez titulável por volumetria potenciométrica

A determinação da acidez foi realizada com nove repetições, conforme descrito pelo IAL (2008). Em uma balança (Shimadzu – ATX224R), pesou-se 5 g da amostra em um béquer previamente tarado e, após isso, adicionaram-se 50 mL de água. Com o auxílio da barra magnética e do agitador magnético, a solução foi homogeneizada e o eletrodo do pHmetro de bancada (Digimed – DM21) foi inserido. A solução foi titulada com solução de hidróxido de sódio 0,1 M sob agitação constante até que o pHmetro indicasse o pH de 8,2 e este persistisse por um minuto.

Fórmula:

$$100 - (P + L + U + C) = \text{carboidrato por cento m/m}$$

#### 4.3.9 Determinação oxidação lipídica (TBARS)

A oxidação lipídica das amostras foi determinada pelo método de substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS), com nove repetições, conforme descrito por Madsen *et al.* (1998). O método baseia-se na quantificação do malonaldeído (MDA), um dos principais produtos secundários da oxidação lipídica, formado durante a degradação de ácidos graxos poli-insaturados.

Pesaram-se aproximadamente 5 g de amostras em tubo falcon de 50 ml, acrescentaram-se 15 ml da solução de ácido tricloroacético 7,5% (TCA), homogeneizaram-se por um minuto e, utilizando becker de 100 mL, filtraram-se com papel de filtro qualitativo. Pipetou-se 5 ml do filtrado da amostra, transferiu-se para o tubo falcon de 15 ml, adicionou-se 05 ml da solução de ácido tiobarbitúrico (TBA) fechou-se o tubo e agitou-se rapidamente. Em seguida levou-se os tubos falcon com as amostras para o banho-maria em água fervente por 40 minutos. Após este período retirou-se as amostras do banho maria e colocou-se em um banho

de água fria por 15 minutos, em seguida abriram-se os tubos para liberação do gás, e procedeu-se à leitura das amostras a 532 nm e 600 nm em espectrofotômetro uv-vis, marca biochrom.

#### 4.3.10 Determinação de nitrito

A extração foi realizada com base na metodologia oficial descrito pela a AOAC *Official Method 973.31 Nitrites in Cured Meat Colorimetric Method* (1973) 17 - adaptado. Nesta etapa, foi coletado 0,4 g de amostra de carne liofilizada, moída e homogeneizada em um tubo Falcon de 50 ml. Posteriormente, foram adicionados 20 mL de água milli-Q aquecida a 80 °C, na proporção de 1:50, sendo esta mistura homogeneizada com o auxílio de um agitador vórtex (Sieger - AV).

Em seguida, o tubo Falcon foi transferido para o banho-maria (Warmnest HH-S10) por 2 horas, sendo homogeneizado a cada 15 minutos. Terminadas as 2 horas no banho-maria, a mistura foi resfriada à temperatura ambiente e, depois, filtrada com papel de filtro em um funil de Büchner e com o auxílio de uma bomba de vácuo (Quimis - Q955B) conectada a um kitassato. Após este processo, o filtrado foi armazenado em um tubo Falcon de 15 ml e centrifugado (Hermle - Z 326 K) à rotação de 5000 rpm por 10 minutos.

Na etapa de quantificação de nitrito, foram pipetadas amostras de 400 a 1800 µL do extrato obtido em um Eppendorf de 2 mL. No extrato, adicionaram-se 100 µL do reagente de sulfanilamida e deixou-se agir por 5 minutos. Após isso, adicionaram-se 100 µL de N-(1-naftil) etilenodiamina (NED), homogeneizou-se a mistura, completou-se o volume com água Milli-Q para 2 mL, se necessário, e adicionaram-se 120 µL de Ácido tricloroacético (TCA) 50%, deixando a cor se desenvolver por 15 minutos. Para o branco específico das amostras, foi adicionado a mesma quantidade da amostra específica, 100 µL de sulfanilamida, 100 µL de ácido acético 15% (volume/volume), 4 completados para 2 mL com água milli-Q, se necessário, e 120 µL de TCA 50%. Finalizados os 15 minutos, os Eppendorfs foram dispostos em uma centrífuga (Centrifuge - 5415 R) onde foram centrifugados a 10000 rcf. Para a leitura, 750 µL foram transferidos para uma cubeta de 1 mL e a absorbância foi determinada a 540 nm em espectrofotômetro (Biochrom - Libra S60) contra o branco específico de cada amostra.

O nitrito foi quantificado por comparação com a curva padrão de 8 pontos que foi preparada com uma solução padrão de trabalho NaNO<sub>2</sub> a 1 ppm em triplicata, disposta em Eppendorfs de 2 mL, nos volumes de: 0; 50 µL; 100 µL; 200 µL; 400 µL; 800 µL; 1200 µL; 1600 µL. Com o auxílio de uma pipeta, foram pipetados, em cada Eppendorf, 100 µL do reagente de sulfanilamida, deixando reagir por 5 minutos e, seguido deste tempo, 100 µL do

reagente NED. Logo, completou-se o volume para 2 mL com água milli-Q e adicionaram-se 120  $\mu\text{L}$  de TCA 50%, homogeneizou-se e, após isso, a mistura foi deixada em repouso para reagir por 15 minutos. Por fim, para cada ponto, 0,75 mL do volume foi transferido para uma cubeta de 1 mL e a absorbância foi determinada a 540 nm em espectrofotômetro (Biochrom - Libra S60) contra o branco total.

#### **4.3.11 Determinação de nitrito + nitrato (NO<sub>x</sub>) em dessalgas de *Jerked Beef* por espectrofotometria**

Para quantificação de Nitrato (NO<sub>3</sub>) foi necessário reduzi-lo a Nitrito (NO<sub>2</sub>) através de reação enzimática com Nitrato Redutase, pois a leitura se dá através da formação de um corante entre o reagente utilizado e o NO<sub>2</sub>. As análises foram realizadas por ensaio espectrofotométrico, utilizando o reagente de Griess para detecção de nitrito. A reação de detecção baseia-se na ligação do NO<sub>2</sub><sup>-</sup> com o grupo amina da sulfanilamida, formando um cátion diazônico, que ao se ligar à N-(1-naftil) etilenodiamina (NED), resulta em um composto de coloração rosa - violeta detectado a 540 nm (Tsikas, 2007).

##### 4.3.11.1 NO<sub>x</sub> em dessalga *Jerked Beef*

A quantificação de NO<sub>x</sub> foi realizada com base na metodologia descrita por Giustarini *et al.*, (2008), com adaptações. Considerando que o reagente de Griess reage especificamente com o nitrito (NO<sub>2</sub><sup>-</sup>), o nitrato (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) presente nas amostras foi previamente reduzido a nitrito por meio de reação enzimática catalisada pela nitrato redutase, na presença dos cofatores dinucleotídeo de nicotinamida e adenina fosfato (NADPH) e adenina flavina dinucleotídeo (FAD) .

Em um tubo tipo eppendorf, foram adicionados 20  $\mu\text{L}$  extratos das amostras de dessalgas + 20  $\mu\text{L}$  de Kpi 50 mmol/L (pH 7,5), 2  $\mu\text{L}$  NADPH 2.5 mmol/L, 2  $\mu\text{L}$  FAD 0.1 mmol/L e 8 $\mu\text{L}$  da enzima nitrato redutase (1U/mL), seguido de incubação por 90 minutos à temperatura ambiente. Em seguida, adicionaram-se 2  $\mu\text{L}$  de N-etilmaleimida (NEM) 300 mM para interrupção da reação enzimática e, após 2 min, 160  $\mu\text{L}$  de etanol 62,5% e 200  $\mu\text{L}$  do reagente de Griess. A mistura foi incubada por 30 min à temperatura ambiente, sendo posteriormente adicionados 24  $\mu\text{L}$  de TCA 50% para precipitação proteica, seguida de centrifugação a 10.000 rpm por 10 min, visando à remoção dos precipitados antes da leitura analítica. A leitura da absorbância foi feita a 540 nm e a concentração de NO<sub>x</sub> foi determinada

a partir de uma curva padrão de KNO<sub>3</sub> na faixa de concentração de 0 a 40 µmol/L. Para cada ensaio foi feito uma reação branco total contendo 40 µL de tampão fosfato pH 7,5 (0,05 mol/L) em substituição ao volume de amostra. Também foi feito uma reação específica contendo 20 µL da amostra analisada, tendo como alteração a utilização do reagente de Griess sem o composto N-(1-naftil) etilenodiamina (NED) em sua composição, sendo todos os pontos analisados em nove repetições, juntamente com branco total e branco específico.

A absorbância do sobrenadante foi medida em espectrofotômetro, utilizando comprimento de onda de 540 nm. As concentrações de NO<sub>x</sub> foram determinadas por interpolação na curva padrão e expressas em µmol/L

#### **4.3.12 Determinação de colorimetria**

A cor das amostras foi determinada por colorimetria instrumental, com nove repetições, utilizando-se um colorímetro HunterLab (Hunter Associates Laboratory Inc., Reston, EUA), operando no sistema de cor CIELAB (L\*, a\*, b\*). O equipamento foi calibrado previamente às análises com padrões brancos e pretos fornecidos pelo fabricante, conforme as instruções operacionais.

As medições foram realizadas sob iluminante padrão D65 e ângulo de observação de 10°, condições recomendadas para a avaliação da cor de produtos cárneos. As amostras foram analisadas em superfície recém-exposta, evitando-se áreas com irregularidades, excesso de umidade superficial ou presença de gordura visível, a fim de minimizar interferências nas leituras.

Para cada unidade experimental, foram realizadas três leituras em pontos distintos da superfície da amostra, e os resultados foram expressos como a média das determinações. Os parâmetros avaliados incluíram:

- L\* (luminosidade): varia de 0 (preto) a 100 (branco);
- a\*: valores positivos indicam tonalidade vermelha e valores negativos indicam tonalidade verde;
- b\*: valores positivos indicam tonalidade amarela e valores negativos indicam tonalidade azul.

$$C = \sqrt{(a^2 + b^2)} \quad (1)$$

$$h = \arctang(b/a) \quad (2)$$

$$\Delta E = \sqrt{[(L - L_0)^2 + [(a - a_0)^2 + [(b - b_0)^2]]} \quad (3)$$

h = tonalidade da cor;

C = saturação da cor ou croma;

a = mensurável em termos de intensidade de vermelho e verde; e

b = mensurável em termos de intensidade de amarelo e azul.

$L_0$ ,  $a_0$  e  $b_0$  são os valores obtidos no tratamento controle.

#### 4.4 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os dados obtidos foram analisados, utilizando-se o programa Excel<sup>®</sup>, por meio da média, desvio padrão e coeficiente de variação para buscar possíveis diferenças estatísticas entre as médias dos tratamentos e amostras controle de diferentes marcas.

Análises de variância (ANOVA) de uma via, com testes *post hoc* de Tukey, foram realizadas no Microsoft Excel (Office 365 – versão 16) para avaliar a composição química, o teor de sódio, o pH, a acidez titulável, o teor de nitrato, o teor de nitrito e os dados de colorimetria. Utilizando um nível de confiança de 95%, os dados foram analisados e considerados estatisticamente significativos quando  $p < 0,05$ .

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados desta tese estão organizados em duas etapas que refletem o percurso construído ao longo do doutoramento, permitindo acompanhar o desenvolvimento do estudo e a elaboração gradual das respostas aos objetivos específicos propostos.

### 5.1 PRIMEIRA ETAPA - COMPOSIÇÃO QUÍMICA E TÉCNICAS DE DESSALINIZAÇÃO

Na primeira etapa, ***Jerked Beef: composição química e técnicas de dessalinização***, apresentam-se os principais resultados da avaliação físico-química, considerando as diferentes técnicas de dessalinização avaliadas. Os resultados culminaram no artigo, *Jerked Beef: Chemical Composition and Desalting Techniques*, publicado na revista *Foods*, 2025, 14, 3745 <https://doi.org/10.3390/foods14213745> (IBIAPINA *et al.*, 2025).

### 5.2 SEGUNDA ETAPA - COLORIMETRIA, NITRITO E NITRATO

Na segunda etapa, os resultados serão submetidos para uma revista científica.

## ARTIGO 1



Article

## Jerked Beef: Chemical Composition and Desalting Techniques

Maria do Desterro Pereira Ferreira Ibiapina <sup>1</sup>, Maria Eduarda Corino de Melo <sup>2</sup>, Márcio Antônio Mendonça <sup>3</sup>, Frederico Lopes da Silva <sup>4</sup>, Myller de Sousa Tonhá <sup>5</sup> and Raquel Braz Assunção Botelho <sup>6,\*</sup> 

- <sup>1</sup> Human Nutrition Graduate Program, University of Brasília, Brasília 70910-900, Brazil; mdesterop@gmail.com  
<sup>2</sup> Undergraduate Program, Nutrition Department, University of Brasília, Brasília 70910-900, Brazil; meduardacorino@gmail.com  
<sup>3</sup> College of Agronomy and Veterinary Medicine, University of Brasília, Brasília 70910-900, Brazil; marcioamen@gmail.com  
<sup>4</sup> Federal Institute of Brasília, Planaltina-DF Campus, Planaltina 73380-900, Brazil; frederico.lopes@ifb.edu.br  
<sup>5</sup> Graduate Program in Geology, Institute of Geosciences, University of Brasília, Brasília 70910-900, Brazil; myllerquimico@gmail.com  
<sup>6</sup> Nutrition Department, University of Brasília, Brasília 70910-900, Brazil  
 \* Correspondence: raquelbotelho@unb.br

### Abstract

The present study aims to compare the chemical composition of samples of jerked beef commercialized in Brasília, Brazil, subjected to diverse desalting techniques (room temperature, refrigerated, and heat desalting). This experimental study was divided into five steps: determination of desalting techniques, chemical composition, determination of titratable acidity and pH, sodium analysis of the samples, and statistical analysis. The control samples showed high sodium levels (>6000 mg/100 g), confirming the need for desalting to ensure suitability for consumption. Desalting at room temperature was the most efficient, reducing sodium content by up to 76%, followed by refrigeration (67–74%) and the heat method (52–58%). It was also observed that the desalting technique significantly affects the chemical composition. Desalting at room temperature and under refrigeration increased moisture (54.12→73.82 g/100 g) and reduced proteins (23.50→18.70 g/100 g) and lipids (3.70→3.00 g/100 g) through a dilution effect, while desalting in heat concentrated solids, increasing protein (31.29 g/100 g), lipids (4.19 g/100 g), and lipid oxidation (TBARS = 91.79 μmol MDA/kg) in comparison to control samples (38.63 μmol MDA/kg). Acidity and pH showed minor variations but correlated with lipid oxidation processes. Although no technique eliminates excess sodium, the results reinforce that desalting at room temperature offers the best balance between sodium reduction and preservation of the product's nutritional quality and oxidative stability, making it the most suitable method for use in restaurants and at home.

**Keywords:** desalting; sodium; oxidative stability; meat processing; reduction



Academic Editors: Danijel Karolyi and Nives Marušić Radović

Received: 9 October 2025

Revised: 25 October 2025

Accepted: 29 October 2025

Published: 31 October 2025

**Citation:** Ibiapina, M.d.D.P.F.; Corino de Melo, M.E.; Mendonça, M.A.; Lopes da Silva, F.; Tonhá, M.d.S.; Botelho, R.B.A. Jerked Beef: Chemical Composition and Desalting Techniques. *Foods* **2025**, *14*, 3745. <https://doi.org/10.3390/foods14213745>

**Copyright:** © 2025 by the authors. Licensee MDPI, Basel, Switzerland. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

### 1. Introduction

Meat is considered a noble food, rich in high-quality proteins, vitamins, and minerals, which meet many of human nutritional needs [1]. Beef is considered essential in the preparation of meals in different global cuisines, including popular Brazilian cuisine, which explains the interest in studies on this product [2–4].

Since it contains around 70% water, a fundamental component of physical-chemical, biochemical, and microbiological changes that cause food deterioration, preservation methods such as dehydration are used on meat to increase its shelf life [5,6].

Salting is a traditional preservation process, and in many cases, the resulting product undergoes fermentation and is then consumed as a new product [7]. Some authors define salting as a curing process that imparts specific sensory properties to the product. Preservation is achieved through reactions between sodium chloride (NaCl) and free water molecules present in the food, via osmotic dehydration, which reduces microbial activity and increases chemical and enzymatic reactions [8,9]. In addition to this effect, adding salt enhances sensory attributes, generating a pleasant aroma and flavor and thereby increasing attractiveness [10,11]. Processed meats have an extended shelf life and are affordable and available in various markets throughout the year. Miller et al. [12] reported an average daily consumption of processed meat of 37 g in the Latin America and Caribbean region.

According to Neto et al. [13], in their systematic review, salting and dissection are the main processing techniques for meats. In Brazil, there are three different types of processed meat: charqui, jerked beef, and sun-dried meat. Charqui is produced by curing meat with salt and then exposing it to the sun. For jerked beef, besides salt, the meat is cured, and the sun-dried technique is a more artisanal approach that uses less salt and exposes the meat to the sun. The most common product in the Brazilian market is jerked beef, primarily because it is sold in vacuum packages, making it easier to sell in supermarkets.

Despite being a key ingredient in extending shelf life, the introduction of salt into the human diet led to the replacement of a primitive diet rich in potassium and low in sodium with one that is low in potassium and high in sodium [14]. Processes such as salting, as well as the indiscriminate use of sodium in preparations, lead to excessive intake, being the main cause of the development of chronic diseases [15]. Excess sodium in the diet is one of the main risk factors for hypertension and is directly associated with cardiovascular and kidney events [16–18].

Recent epidemiological studies indicate that average sodium consumption in Brazil remains above the World Health Organization (WHO) recommendations, representing a relevant factor for cardiovascular disease. The average sodium intake among Brazilian adults is 2432 mg/day (95% CI: 1902–3074 mg), and approximately 61% of the population exceeds the tolerable upper limit [19]. Similar results were reported by Nilson et al. [20], who observed an increase in the average sodium availability in Brazilian households, from 3.9 g to 4.7 g/2000 kcal, between 2002 and 2003 and 2017–2018, demonstrating an upward trend in the consumption of industrialized foods as the primary dietary source of sodium. Thus, in a complementary manner, Mill et al. [15] estimated the average salt intake at 9.34 g/day ( $\approx$ 3700 mg sodium), reinforcing the persistence of high levels in the Brazilian diet. Therefore, these studies show that, despite advances in public policies for food reformulation and nutritional labeling, Brazil still has sodium intake above the WHO limit (2000 mg/day). With more restrictive consumption targets, strategies to reduce sodium intake are crucial for mitigating the risk of disease. Therefore, salty products need to be desalted before consumption.

Jerked beef, a salt-cured meat product available on the Brazilian market, requires desalting before consumption. This process, in addition to modifying its nutritional value, can also affect its fatty acid content [21–23]. Despite its widespread use in meal production in Brazil, there is little interest in the literature on jerked beef, its standardization, and the impact of different desalting techniques. No prior study has compared desalting efficiency under room, refrigeration, and heat conditions in jerked beef. Therefore, the present study aims to compare the chemical composition of jerked beef subjected to diverse desalting techniques.

## 2. Materials and Methods

This experimental study was divided into five steps: (1) determination of desalting techniques of jerked beef; (2) chemical composition of the samples; (3) determination

of titratable acidity and pH; (4) sodium analysis of the samples; (5) statistical analysis. Desalted jerked beef samples, stored at room temperature, refrigerated, and subjected to heat treatments, were stored in freezers at  $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$  and analyzed within 90 days. Salted samples were used as the control treatment and stored at  $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$  in freezers.

### 2.1. Determination of Desalting Techniques of Jerked Beef

Jerked beef from three different producers was purchased at supermarkets in Brasilia, Federal District. For each producer, researchers bought three different batches. Each package of jerked beef weighed 500 g, and for all analyses, 12 packages were purchased.

For the pre-preparation technique, cuts of similar size to those used in restaurants were used: cubes with edges of approximately 2 cm each, weighing approximately 25 g. When preparing the cuts, parts that presented only fat and no meat were discarded.

Since the focus was on analyzing meats as they are prepared in restaurants in Brazil, three desalting techniques were selected because they are the most common methods for reducing sodium chloride content.

Desalting was performed according to the criteria established in CVS, Brazil [24], and the following treatments were applied: DRT—desalting at room temperature ( $23\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), DFT—desalting at refrigerator temperature ( $5\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), and DHT—desalting at heat temperature. The water ratio for all three methods was 1:3 (meat-to-water).

For desalting at room temperature and in the fridge, 50 g of each sample was placed in a container with water at room temperature ( $23\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) and refrigerated ( $5\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), respectively. After the first 7 h of desalting, the water was changed, and the entire process was repeated. To determine the time before changing the water, a previous test was conducted with jerked beef samples. During the determination of desalination time using water exchange, the electrical conductivity of the water was measured every hour for 12 h using a multiparameter device. Simultaneously, 0.05 mL aliquots were collected, diluted (1:100), and analyzed in an ICP-QES spectrometer (5100, Agilent Technologies, Santa Clara, CA, USA) for sodium quantification. After 7 h, the water in the samples was changed, and the procedure was repeated, allowing the calculation in mg/100 g, according to the criteria of CVS, Brazil [24].

In heat desalting, water was poured into a pan, and once it boiled, the heat was turned off. The meat was then immersed in the boiling water. Then, using a glass thermometer, the water temperature was measured, and when it reached  $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ , the meat was removed from the water to prevent the proliferation of mesophilic bacteria [25,26]. Subsequently, the water was changed, and the entire process was repeated. Studies show that selecting a temperature of  $50\text{ }^{\circ}\text{C}$  reduces microbial levels without compromising the food's physico-chemical characteristics, and it is considered a safe parameter for immersion or thermal desalting processes [27,28].

Researchers decided to change water only once for the three desalting techniques because restaurants do not have time to prepare their ingredients to produce meals, and also because of sustainability (less water waste).

### 2.2. Analysis of Sodium Content in Jerked Beef Samples

The sodium content was determined using an ICP-OES spectrometer (5100, Agilent Technologies, Santa Clara, CA, USA) according to the AOAC method [29]. A six-point calibration curve ( $p0 = 0$ ;  $p6 = 6.32209$ ) was generated using the Sodium Standard for ICP 10 g/L Na in nitric acid (Sigma-Aldrich, St. Louis, MO, USA).

For the meat analysis, 1 g aliquots of the control meat samples (from different batches and producers) and 1 g of the desalted meat from each treatment were collected and placed in porcelain crucibles for incineration in a muffle furnace (EDG, 1800, Sao Paulo, Brazil) at  $550\text{ }^{\circ}\text{C}$ . After cooling, the contents were subjected to acid digestion with 50 mL

of 10% HCl, stirred with a magnetic stirrer until complete dissolution was achieved. The solution was transferred to a 100 mL volumetric flask, and the volume was brought to 100 mL with distilled water. From this solution, a 0.05 mL aliquot was collected and placed in a Falcon tube for dilution with 5 mL of distilled water, resulting in a 1:100 dilution ratio. The solubilized meat samples were evaluated directly in the Falcon tubes, and the sodium concentration, expressed in milligrams per 100 g, was calculated based on the reading results.

### 2.3. Jerked Beef Chemical Composition

Control samples from three different producers, each from three different batches, were analyzed in triplicate for moisture [29], ashes [30], proteins [31], lipids (extracted using a Soxhlet apparatus with an Ankom Model XT10 extractor [32]), and lipid oxidation. Researchers calculated carbohydrates by difference, considering 100—(weight in grams (fat + protein + ash)) in 100 g of jerked beef.

#### 2.3.1. Moisture Determination

Moisture content was determined according to method [29] by direct oven drying (Marconi—MA035/1) at 105 °C. On a scale (Shimadzu—ATX224R, Kyoto, Japan), 5 g of the sample was weighed in a previously weighed porcelain capsule. The sample was then placed in an oven at 105 °C until it reached a constant weight. After this time, the capsule and sample assembly were cooled in a desiccator and subsequently weighed for calculation.

#### 2.3.2. Ashes

Ash content was determined using the incineration residue method [30], expressed as a percentage (m/m). The porcelain capsule, previously heated in a muffle furnace (Linn Elektro Therm, Eschenfelden, Germany) to 550 °C and then cooled to room temperature, was weighed. One gram of the sample was weighed into this capsule. The sample was then placed in the muffle furnace and heated to 550 °C for 5 h. The loss of mass will correspond to the organic matter content of the product, as it will be carbonized entirely at this temperature. After this time, the capsule and samples were cooled in a desiccator (Sao Paulo, Brazil), and the entire set was weighed for calculation.

#### 2.3.3. Protein

Protein determination was performed using the Kjeldahl method, as described by AACC [31]. Approximately 0.3 g of the sample was digested with concentrated sulfuric acid (Synth) and a catalytic mixture, followed by distillation in the presence of 40% NaOH (Neon, São Paulo, Brazil) and ammonia capture in a 4% boric acid (Vetec, Rio Janeiro, Brazil) solution. Quantification was performed by titration with 0.1 N HCl (Synth), using methyl red and methylene blue (Sigma-Aldrich) as indicators.

#### 2.3.4. Lipids

To determine the lipid content of the samples, the petroleum extraction method [32], adapted for the Ankom XT10, was used, using the ANKOM<sup>®</sup> extractor (ANKROM Technology, Macedon, NY, USA). Each sample, weighing 1 g, was placed in XT10 extraction filters and sealed by direct heat. The samples were then oven-dried (Marconi—MA035/1, Sao Paulo, Brazil) at 105 °C for 3 h and subsequently cooled in a glass desiccator (Sao Paulo, Brazil) with silica gel. After cooling, the samples were placed in the equipment, where they remained for 50 min in contact with petroleum ether, which dissolved and extracted the lipids.

### 2.3.5. Carbohydrates

The carbohydrate content was determined by subtracting the sum of the sample's protein, lipid, moisture, and ash contents from its total weight.

### 2.3.6. Lipid Oxidation

Five grams of each sample were mixed with 15 mL of 7.5% TCA (trichloroacetic acid, Dinamica) and homogenized for 1 min. The mixture was then filtered using a 100 mL beaker with qualitative paper. From the filtered, 5 mL was transferred to a Falcon tube (15 mL) and 5 mL of TBA (thiobarbituric acid, Sigma-Aldrich) was added. After vigorous agitation, tubes were placed in a bain-marie for 40 min at 100 °C. Samples were cooled for 15 min, and absorbance was measured at 532 and 600 nm (Spectrophotometer Shimadzu, Kyoto, Japan). The methodology used for lipid oxidation analysis was the thiobarbituric acid reactive substances (TBARS) method, as described by Malsen, Sorensen, Skibsted, and Bertelsen [33].

### 2.4. Determination of Titratable Acidity and pH

As described by AOAC 981.12 [34], pH was determined by weighing 5 g of each sample and adding 50 mL of water. Using a glass rod, the solution was homogenized through rotational movements. After this, the electrode of a benchtop pH meter (Digimed—DM21, Sao Paulo, Brazil) was inserted into the mixture to measure the pH.

Acidity was performed as described by AOAC 942.15 [34]. On a scale (Shimadzu—ATX224R, Kyoto, Japan), 5 g of the sample was weighed into a previously weighed beaker, and then 50 mL of water was added. Using a magnetic bar and magnetic stirrer, the solution was homogenized, and the electrode of a benchtop pH meter (Digimed—DM21, Sao Paulo, Brazil) was inserted. The solution was titrated with 0.1 M sodium hydroxide solution (Synth, Sao Paulo, Brazil).

### 2.5. Statistical Analysis

One-way analyses of variance (ANOVA) with Tukey post hoc tests were performed in Microsoft Excel (Office 365—version 16) to assess chemical composition, sodium content, pH, and titratable acidity. Using a 95% confidence level, the data were analyzed and considered statistically significant when  $p < 0.05$ .

## 3. Results

Three different producers of jerked beef were selected for this study: Brands A, B, and C. For each Brand, three different batches were purchased to better reflect each production method of each producer more accurately.

### 3.1. Analysis of Sodium Content in Jerked Beef Samples

Table 1 presents the sodium content of control samples and after desalting for the three brands. The results show the mean and standard deviation of the batches for each Brand. Also, the percentage of sodium reduction when compared to the control is presented for each desalting technique.

Although Brand B had the highest sodium content (6538.6 mg/100 g), all brands did not differ statistically ( $p > 0.005$ ). The Brand with the lowest sodium content across all the desalting techniques was Brand A, with room temperature being the lowest (1527.4 mg/100 g). For all brands, room-temperature desalting resulted in the greatest sodium reduction compared to control samples. For Brand A, there was no difference between room temperature and refrigerated conditions ( $p > 0.005$ ), but this was not observed for Brands B and C. Heat desalting resulted in the lowest reduction for all brands, failing to reach 60%.

**Table 1.** Sodium content of various brands of salted and desalted Jerked beef, along with the percentage reduction of sodium compared to control (salted) samples.

	Control	Room Temperature		Refrigerated		Heat	
		Mean $\pm$ SD (mg de Na/100 g)	% Reduction	Mean $\pm$ SD (mg de Na/100 g)	% Reduction	Mean $\pm$ SD (mg de Na/100 g)	% Reduction
Brand A	6339.2 $\pm$ 317.2 <sup>cA</sup>	1527.4 $\pm$ 154.2 <sup>a</sup>	75.9	1643.0 $\pm$ 293.5 <sup>a</sup>	74.1	2676.3 $\pm$ 400.9 <sup>b</sup>	57.8
Brand B	6538.6 $\pm$ 415.6 <sup>dA</sup>	1565.8 $\pm$ 190.3 <sup>a</sup>	76.1	1946.8 $\pm$ 273.6 <sup>b</sup>	70.2	3148.7 $\pm$ 454.2 <sup>c</sup>	51.8
Brand C	6459.8 $\pm$ 465.7 <sup>dA</sup>	1653.6 $\pm$ 162.9 <sup>a</sup>	74.4	2122.4 $\pm$ 267.8 <sup>b</sup>	67.1	2922.8 $\pm$ 385.1 <sup>c</sup>	54.8

The same lowercase letters in the same row represent no statistical difference. The same uppercase letters in the same column represent no statistical difference. Uppercase letters were only included to compare control samples from different Brands.

### 3.2. Chemical Composition

All results show the means and standard deviations for control samples for each Brand, room temperature desalting, fridge temperature desalting, and heat desalting. Table 2 presents the chemical composition of all the samples studied (moisture, ashes, carbohydrates, proteins, and lipids).

**Table 2.** Food analyses (g/100 g) of control and desalted Jerked beef.

	Control	Room Temp.	Refrigerated	Heat
	Brand A			
Moisture	54.12 $\pm$ 1.24 <sup>Aa</sup>	73.82 $\pm$ 1.57 <sup>b</sup>	73.34 $\pm$ 1.70 <sup>b</sup>	54.48 $\pm$ 2.23 <sup>a</sup>
Ashes	16.98 $\pm$ 0.73 <sup>Ad</sup>	3.95 $\pm$ 0.49 <sup>a</sup>	4.36 $\pm$ 0.81 <sup>b</sup>	7.22 $\pm$ 0.88 <sup>c</sup>
Carbohydrate	1.64 $\pm$ 0.84 <sup>Ab</sup>	0.56 $\pm$ 0.54 <sup>ab</sup>	0.10 $\pm$ 0.06 <sup>a</sup>	2.69 $\pm$ 0.69 <sup>c</sup>
Protein	23.50 $\pm$ 1.39 <sup>Ab</sup>	18.70 $\pm$ 2.11 <sup>a</sup>	18.07 $\pm$ 1.40 <sup>a</sup>	31.29 $\pm$ 2.82 <sup>c</sup>
Lipids	3.70 $\pm$ 0.98 <sup>Aa</sup>	3.00 $\pm$ 0.62 <sup>b</sup>	3.94 $\pm$ 0.90 <sup>ac</sup>	4.19 $\pm$ 1.51 <sup>c</sup>
	Brand B			
Moisture	56.44 $\pm$ 2.57 <sup>Aa</sup>	75.21 $\pm$ 2.05 <sup>c</sup>	73.80 $\pm$ 2.38 <sup>d</sup>	54.42 $\pm$ 2.52 <sup>b</sup>
Ashes	17.15 $\pm$ 0.68 <sup>Ad</sup>	3.87 $\pm$ 0.28 <sup>a</sup>	4.92 $\pm$ 0.47 <sup>b</sup>	8.76 $\pm$ 0.78 <sup>c</sup>
Carbohydrate	0.47 $\pm$ 0.34 <sup>Aa</sup>	0.55 $\pm$ 0.37 <sup>a</sup>	2.14 $\pm$ 0.97 <sup>b</sup>	0.35 $\pm$ 0.09 <sup>a</sup>
Protein	23.99 $\pm$ 3.22 <sup>Ab</sup>	18.08 $\pm$ 1.95 <sup>a</sup>	17.69 $\pm$ 2.86 <sup>a</sup>	33.49 $\pm$ 3.09 <sup>c</sup>
Lipids	1.97 $\pm$ 0.73 <sup>Bb</sup>	2.40 $\pm$ 0.71 <sup>c</sup>	1.62 $\pm$ 0.53 <sup>a</sup>	3.46 $\pm$ 0.77 <sup>d</sup>
	Brand C			
Moisture	56.07 $\pm$ 0.67 <sup>Ab</sup>	75.38 $\pm$ 2.37 <sup>c</sup>	74.83 $\pm$ 1.84 <sup>c</sup>	54.26 $\pm$ 1.23 <sup>a</sup>
Ashes	18.73 $\pm$ 0.43 <sup>Bd</sup>	4.74 $\pm$ 0.59 <sup>a</sup>	6.00 $\pm$ 0.53 <sup>b</sup>	8.05 $\pm$ 0.77 <sup>c</sup>
Carbohydrate	0.31 $\pm$ 0.48 <sup>Aa</sup>	0.88 $\pm$ 0.80 <sup>a</sup>	1.30 $\pm$ 0.30 <sup>a</sup>	1.62 $\pm$ 0.78 <sup>a</sup>
Protein	22.23 $\pm$ 1.27 <sup>Bb</sup>	16.92 $\pm$ 1.14 <sup>a</sup>	16.38 $\pm$ 1.13 <sup>a</sup>	33.34 $\pm$ 1.26 <sup>c</sup>
Lipids	2.85 $\pm$ 1.32 <sup>Cb</sup>	1.37 $\pm$ 0.94 <sup>a</sup>	1.48 $\pm$ 0.68 <sup>a</sup>	2.71 $\pm$ 0.57 <sup>b</sup>

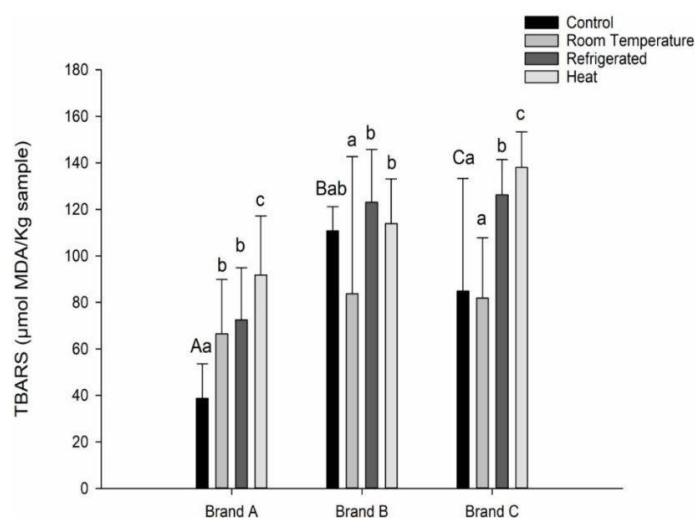
The same lowercase letters in the same row represent no statistical difference. Different uppercase letters in the same column for each chemical analysis show a statistical difference. Uppercase letters were only included to compare control samples from different Brands.

The lowest mean moisture value was found for control Brand A (54.12 g/100 g), and the highest was for desalted samples at room temperature for Brand C (75.38 g/100 g). Control samples did not differ in moisture content across the three brands ( $p > 0.05$ ). Room temperature and refrigerated desalting increased moisture levels, while heat desalting reduced the moisture content.

The highest ash content was observed in the control of Brand C (18.73 g/100 g), and the lowest was in the room temperature desalting of Brand B (3.87 g/100 g). All samples of all three brands (A, B and C) in all three desalting methods (room, refrigerated and heat), differed from each other, decreasing the ash content in accordance with the increase in the

efficiency of the sodium removal, as shown in Table 2 of the chemical composition and Table 1 of the sodium content and percentage of sodium reduction.

The highest average protein content was found in the heat desalting method of Brand B (33.49 g/100 g), and the lowest average was in the refrigerated desalting method of Brand C (16.38 g/100 g). The samples from all three brands (A, B, and C) at both room temperature and refrigerated desalting methods did not differ significantly from each other. They presented the lowest averages ( $p > 0.05$ ). Figure 1 presents the lipid oxidation results for the control and desalted samples of the three brands.



**Figure 1.** Mean and standard deviation of lipid oxidation expressed as TBARS  $\mu\text{mol}/\text{kg}$  for control and desalted samples for each Brand. Different uppercase letters for the control bars show a statistical difference. Different lowercase letters also show statistical difference within each brand to compare control and desalting techniques.

The lowest average lipid values were found in the room temperature desalting of Brand C (1.37 g/100 g), and the highest average lipid values were found in the heat desalting of Brand A (4.19 g/100 g). The control samples from all three brands were significantly different in lipid content ( $p < 0.001$ ), indicating heterogeneity in content.

The three brands presented different lipid oxidation levels in the control samples. The lowest lipid oxidation level was found in the control sample of brand A (38.63  $\mu\text{mol}/\text{kg}$ ), and the highest average lipid oxidation level was observed in brand C during the heat desalting process (138.02  $\mu\text{mol}/\text{kg}$ ), as shown in Figure 1. A significant increase in oxidation from room temperature to refrigerated desalting was observed in brands B (83.77 to 123.06) and C (81.88 to 126.28  $\mu\text{mol}/\text{kg}$ ), and a significant increase in brands A and C from refrigerated to heat desalting, respectively (A = 72.41 to 91.79  $\mu\text{mol}/\text{kg}$ ) and (C = 126.28 to 138.02  $\mu\text{mol}/\text{kg}$ ).

### 3.3. Determination of Titratable Acidity and pH

Table 3 presents titratable acidity and pH of jerked beef samples (control and desalted) from the three brands.

**Table 3.** Mean and standard deviation for pH and acidity levels for brands A, B, and C of jerked beef (control and after desalting).

	Control	Room Temperature	Refrigerated	Heat
Brand A				
Acidity (g/100 g)	8.82 ± 1.29 <sup>d</sup>	3.83 ± 1.36 <sup>a</sup>	4.78 ± 1.20 <sup>b</sup>	5.54 ± 1.37 <sup>c</sup>
pH	5.83 ± 0.20 <sup>a</sup>	6.01 ± 0.27 <sup>b</sup>	6.03 ± 0.39 <sup>b</sup>	5.82 ± 0.23 <sup>a</sup>
Brand B				
Acidity (g/100 g)	11.79 ± 1.85 <sup>d</sup>	6.47 ± 1.48 <sup>a</sup>	6.94 ± 1.09 <sup>b</sup>	9.75 ± 0.87 <sup>c</sup>
pH	5.61 ± 0.20 <sup>a</sup>	5.64 ± 0.17 <sup>a</sup>	5.63 ± 0.19 <sup>a</sup>	5.76 ± 0.10 <sup>b</sup>
Brand C				
Acidity (g/100 g)	10.94 ± 0.99 <sup>c</sup>	5.67 ± 0.69 <sup>a</sup>	5.53 ± 0.49 <sup>a</sup>	8.28 ± 2.57 <sup>b</sup>
pH	5.89 ± 0.11 <sup>a</sup>	5.76 ± 0.05 <sup>b</sup>	5.82 ± 0.04 <sup>c</sup>	5.86 ± 0.05 <sup>a</sup>

The same letters in the same row represent no statistical difference.

The room temperature desalting method for brand A had the lowest average titratable acidity (3.83), while the control sample for brand B had the highest average (11.79). There was a significant difference in acidity content between the three desalting methods for brands A and B. Only brand C showed no difference between the room temperature and refrigerated methods. The room-temperature desalting method had the lowest average titratable acidity, followed by the refrigerated method, while the heat method had the highest. This is confirmed by correlation with the lipid oxidation analyses, as shown in Figure 1. The samples with the highest titratable acidity also had the highest average lipid oxidation, while the samples with the lowest average titratable acidity had the lowest lipid oxidation index.

## 4. Discussion

### 4.1. Analysis of Sodium Content in Jerked Beef Samples

This study aimed to reproduce desalting techniques used in Brazilian restaurants to reduce the sodium content of jerked beef, a component of various everyday dishes on menus. The decision to have two water changes is based on the need to reduce water consumption during meal preparation and the feasibility of implementing this process within the restaurants. Additionally, the time for water change was determined by evaluating the sodium content in the desalting water in conjunction with the recommendation not to exceed 12 h at room temperature as described by AOAC [34]. Duarte [35] and Silva [36] recommend that desalting does not exceed 12 h, as extended periods at room temperature may favor microorganisms and compromise the safety and microbiological quality of the product. This study demonstrated very high sodium concentrations in the control samples (over 6000 mg/100 g), comparable to the values described by Sampaio et al. [37] for *charque* (≈5700 mg/100 g) and by Coró et al. [38] for jerked beef (≈5000–6000 mg/100 g). This confirms that both *charque* and jerked beef are meat products with critical sodium levels, reinforcing the need for desalting strategies to make them more suitable for human consumption from a public health perspective.

After the different desalting methods, it was observed that the room temperature technique was the most efficient, reducing sodium content by up to 76%, followed by refrigerated desalting (67–74%), and finally, heat desalting (52–58%). These results are consistent with [21], who reported reductions of nearly 90% in prolonged desalting, demonstrating that diffusion time and water exchange are determining factors in salt removal. The lower efficiency of heat desalting suggests that reduced contact time compromises diffusion,

maintaining higher sodium levels. Comparing the studies, a pattern emerges: non-desalted products show sodium levels above 5000 mg/100 g. In contrast, products with controlled desalting can significantly reduce this value, approaching 2000 mg/100 g or lower with longer diffusion times.

Prolonged heat exposure of meat to improve sodium reduction would lead to further changes, including protein coagulation, lipid loss, and color changes. Therefore, temperature and time control likely reduced sodium loss into the water while preserving the structure of the jerked beef for subsequent cooking in restaurants. Desalting techniques not only reduce sodium but may also influence the chemical and physical composition of the samples.

Recent studies indicate that increased sodium intake is directly related to higher risks of hypertension, chronic kidney disease, and stroke [20,39]. Nilson et al. [20] estimate that an average reduction of 1 g of salt per day could prevent approximately 1.4 million cardiovascular deaths worldwide each year. Given this scenario, the application of technological interventions in traditional meat products, such as the controlled desalination of jerked beef, constitutes a relevant approach to reduce sodium content without compromising product quality. Such measures are aligned with global sodium reduction targets and contribute to maintaining the cultural and gastronomic identity of the food while promoting improved nutritional profiles and preventing cardiovascular diseases.

#### 4.2. Chemical Composition

According to the data presented (Table 2), the moisture content of the control meat from the three brands complies with current Brazilian legislation, as IN 92/2020 establishes a maximum limit for this parameter of 60%, and the highest average obtained in this study was 58.5% [40]. The moisture content results showed significant variation across studies, reflecting both the type of product and the processing and desalting conditions. In the study by Sampaio et al. [37], Jerked beef had an average moisture content of 46%, a value slightly higher than *charque* (44%), suggesting greater water retention in this product. Coró et al. [38] confirmed the variability of this parameter, with values ranging from 39% to 60% according to the formulation and storage time, evidencing the influence of natural antioxidants and the reduction in curing salts on the composition. Correia and Biscontini [21] also observed higher amplitudes (46–69%), especially after desalting and cooking, indicating that the incorporation of water during these processes significantly increases the moisture content of the final product.

According to Fick's First Law, which describes transport and mass transfer phenomena involving molecular diffusion due to concentration differences, diffusion occurs along a concentration gradient from the more concentrated to the less concentrated medium [41,42]. Therefore, given the results, it can be observed that this phenomenon occurred with statistical differences in desalting at room temperature and refrigerated temperatures. Similar data on increased moisture content during desalting at room temperature and refrigerated temperatures were reported by both Duarte [35] and Correia and Biscontini [21], which can be explained by the fact that, like this study, they performed desalting for 12 h. Regarding the reduction in moisture content due to heat desalting, the result can be explained by protein denaturation of the surface of the meat, which promotes water release from the tissue. This promotes fiber shrinkage and collagen solubilization, thereby reducing the moisture content [43]. Similar results were also obtained by Duarte [35]. The use of heat in the hot method expels more water from the meat, resulting in a drier texture. Thus, by integrating the studies, it is evident that the moisture content in jerked beef is highly dependent on the desalting method, ranging from less than 40% to more than 70%, with direct implications for texture, oxidative stability, and sensory acceptance.

For all batches of the three brands, the ash content of the control meat did not exceed 25%, within the legal limit [36]. Similar results were reported by Correia and Biscontini [21], who reported an average of 18.1%, and Duarte [35], who reported averages ranging from 16.2% to 18.4%. However, no standardization was observed in production, as evidenced by comparing the control meat from the three brands, which showed only statistical similarity between Brand A and Brand B. The ash values observed in the present study ranged from 16.98 to 18.73 g/100 g in the control samples, with significant reductions after desalting, especially at room temperature, resulting in values close to 4 g/100 g. This behavior confirms the efficiency of desalting in removing mineral salts, especially sodium, directly reflecting the ash content. Similar results were reported by Correia and Biscontini [21], who found marked ash reductions (up to 37%) after desalting and cooking, indicating that prolonged contact with water promotes significant salt diffusion. In the study by Coró et al. [38], ash values remained high (18–22%) due to the use of formulations with curing salts and antioxidant additives, without a desalting process, reinforcing the direct relationship between ash content and salt presence.

Compared with Sampaio et al. [37], who reported values of approximately 18% in *charque* and 16% in jerked beef, this study demonstrates that desalting can reduce ash content by up to 75%, especially when treated at room temperature. This reduction is consistent with the physicochemical principle of diffusion, in which a concentration gradient drives the expulsion of ions from the meat matrix into the aqueous medium. Thus, the different studies corroborate that the highest ash values are associated with non-desalted products or those formulated with additional salts. In contrast, the lower values observed in this study reflect the desalting efficiency and the consequent reduction in sodium and other minerals in meat.

Heat-desalted samples showed the highest protein averages across all three brands, exceeding the averages for the control samples. This is explained by variations in the solid components of the samples relative to their total composition. The sodium content removed from the samples by the desalting methods offsets the results for other solids, such as protein and lipid contents, thereby raising their values in the heat-desalted samples, with moisture percentages comparable to those of the control. For the samples from the ambient and refrigerated desalting methods, the values found are lower than those of the control for all three brands. Although they lost sodium, as with the heat-desalted method, the moisture content was high, ranging from 73 to 75 g/100 g, thus diluting the samples' protein content.

The protein results obtained in this study ranged from 22 to 24 g/100 g in the control samples, which are lower than those observed by Coró et al. [38], who reported values ranging from 27 to 33%, and those reported by Sampaio et al. [37], who found approximately 28% for jerked beef. Correia and Biscontini [21] observed wider ranges, between 21 and 35%, depending on the processing and the desalting or cooking stage. This variation may be associated with both the initial composition of the raw material and the effect of technological processes, especially moisture and salt management.

In this study, desalting at room temperature or under refrigeration resulted in a significant reduction in protein content (16–19%), attributed to dilution caused by increased moisture. In contrast, heat desalting resulted in higher values (31–33%), close to the upper limit reported by Correia and Biscontini [21], reflecting the relative concentration of solids due to lower water absorption. These results reinforce the importance of the methodology used to determine protein and demonstrate that protein levels in jerked beef are not static, but vary according to the desalting method, corroborating previous observations that moisture and salt manipulation directly impact proximate composition.

Similar results were reported in a study by Duarte [35], which found an initial protein content of 24.95 g/100 g. After 12 h of desalting, reductions of 23.9% were recorded at room temperature and 7.5% under refrigeration. After 24 h, the reductions reached 31.5% and 5.0%, respectively. These findings were attributed to the “salting in” effect, which increases protein solubility and promotes its dispersion in the desalting water. When the process was combined with cooking, a relative increase in protein was observed, which can be explained by the concentration of solids after moisture loss. Thus, convergence is observed between the present work and the literature, confirming that desalting conditions and subsequent thermal processing strongly modulate the dynamics of protein content in jerked beef.

The control samples of all three brands differed significantly in lipid content, demonstrating heterogeneity. This is explained by the differences in the interspersed layers of meat and fat in the different brands. An increase in the average lipid content, particularly in the heat-desalted process, may have occurred for the same reason mentioned above for protein. With the removal of sodium and the reduction in ash and moisture content, the lipid content increases proportionally. The lipid content varied considerably depending on the desalting method and Brand. The lowest average was observed in the room temperature desalting of brand C (1.37 g/100 g), while the highest value was found in the heat desalting of brand A (4.19 g/100 g). These results partially contrast with those reported by Sampaio et al. [37], who observed lipid values of around 10% for jerked beef and around 21% for *charque*. The difference can be attributed to the type of cut, initial fat content, and the absence of desalting in the study by Sampaio et al. [37], which results in higher total solids, including lipids. Coró et al. [38] also reported a wide variation (2 to 9%), depending on the formulation with nitrite or natural antioxidants, a range closer to that found in the present study, suggesting that technological factors (addition of salts—sodium and nitrate—and extracts—oregano, rosemary—in addition to moisture manipulation—drying, cure and desalting) directly affect the lipid proportion. These technological variables alter osmotic pressure, solute diffusion, and lipid oxidative stability, thereby significantly affecting the physicochemical composition and structural behavior of dried meat and similar products.

Correia and Biscontini [21] reported lipid contents ranging from 3 to 14%, depending on the desalting and cooking stages. These results aligned with those observed in the current study, where desalting resulted in apparent reductions in lipid content in methods with higher water absorption (room and refrigerated), but led to a relative increase in lipid content in heating methods due to the concentration of solids. This dilution/concentration effect reinforces the central role of moisture and ash in the proximate composition; when these components decrease, lipids become relatively more significant in the total percentage. Taken together, the four studies demonstrate that lipid levels in jerked beef can vary from 1.3% to over 10%, depending on the formulation, desalting stage, and methodology. In this study, the heterogeneity among commercial brands highlights the importance of the initial raw material. At the same time, comparison with the literature shows that higher values (such as the 10% reported by Sampaio et al. [37]) are associated with non-desalted products, while lower values reflect both salt reduction and moisture increase processes, as well as differences in the cut. Therefore, lipid variation should be interpreted in light of the interaction between meat composition, the desalting process, and analytical methodology, which collectively explain the breadth of the observed results.

Similar results were reported in the study by Duarte [35], who found an initial lipid content of 6.74 g/100 g. After 12 h of desalting, reductions of 9.9% were observed at room temperature and 20.6% under refrigeration. After 24 h, the reductions reached 27.1% and 23.1%, respectively. These findings were attributed to dilution caused by the incorporation

of water during desalting, a mechanism also observed in the present study for both the room temperature and refrigerated methods.

The lowest average carbohydrate values found were in the refrigerated desalting method of brand A (0.10 g/100 g), and the highest average was in the heat desalting method of brand A (2.69 g/100 g). With the effect of the variation in sodium, protein, and lipid contents between the three desalting methods, the carbohydrate contents also varied due to the proportionality of the solids in the total composition of the meat, since the carbohydrate content is calculated based on the difference in content between the other solids in the product. The significant reduction in total carbohydrates in the refrigerated desalting of Brand A may have occurred due to the increase in moisture content, compared with the brand control (control moisture: 54.12 g/100 g; refrigerated moisture: 73.34 g/100 g).

When comparing the studies [21,35,37,38], convergence is observed. All reported residual carbohydrates were at very low levels (<2%). In Coró et al. [38], a variation of 0.5 to 1.5% was associated with different antioxidant formulations, while Correia and Biscontini [21] observed similar values in *charque* and jerked beef under different desalting and cooking treatments. This pattern was also confirmed [35], noting that jerked beef contains virtually no relevant carbohydrates and that the reported values are due to calculation by difference. Thus, both the current and previous studies confirm that carbohydrates do not represent a significant fraction of the composition of jerked beef and that the variability found is mainly due to the analytical methodology and changes in moisture and salts during processing.

When comparing the studies, a point of convergence is observed: moisture content and the presence of additives (such as nitrite) play a determining role in the susceptibility of jerked beef to lipid oxidation. In the study by Sampaio et al. [37], jerked beef showed higher moisture and nitrite content than *charque*, leading to greater oxidative instability.

There was a significant difference in the mean lipid oxidation values between the control meat and the three brands. This significant variation may be directly related to the different chemical compositions of the beef used in the curing process, including the nitrate and nitrite levels, as well as the different unit operations used in processing this meat across the various brands, such as the use of the time/temperature thermal process binomial, among others.

Mediani et al. [44] reported that lipid oxidation causes significant changes during food storage and manufacturing, leading to rancidity. Another important factor to consider regarding the differences in lipid oxidation levels found in control meats from different brands is the varying storage conditions of the product after processing in the industry. It is known that the oxygen atmosphere, the storage temperature of the processed product, and the product's water content are key factors that affect lipid oxidation reactions, compromising the initial quality of the product before any desalting method is employed.

The tendency for increased lipid oxidation in the heat desalting method compared to the other two methods was expected, given that heat is a primary factor in accelerating the lipid oxidation reaction, which occurs at temperatures similar to those used in desalting. Thermal degradation occurs through direct heat action, promoting protein denaturation, coagulation, water loss, and partial cleavage of lipid bonds, phenomena intensified at temperatures above 60 °C and dependent on exposure time [45]. Oxidative degradation, on the other hand, results from the reaction of free radicals with unsaturated fatty acids, generating peroxides, aldehydes, and ketones that compromise the aroma, color, and nutritional value of the meat [46]. During heat desalting, these mechanisms can occur simultaneously, as the increase in temperature accelerates the diffusion of sodium and the release of lipids, but also intensifies lipid oxidation, reducing the oxidative stability and sensory quality of the final product. In this context, controlling technological parameters,

especially temperature, heating time, and humidity, is essential to minimize chemical changes and preserve the structural integrity of jerked beef.

A curious finding was the increase in lipid oxidation during refrigerated desalting, as refrigeration slows oxidation by reducing reaction rates. Wazir et al. and Xia, Zhou, and Xu [47,48] found that high temperatures accelerate lipid oxidation reactions in meat products, promoting the formation of primary and secondary oxidation products, including hydroperoxides and aldehydes, as they are precursors of compounds that cause rancidity and oxidation. Studies by Shimizu and Shimizu and by Rahman, Al-Khusaibi, and Guizani [49,50] indicate that lower temperatures delay oxidation, thereby reducing the intensity of chemical reactions. However, the results suggest that factors such as meat composition, the presence of pro-oxidants, and the duration of meat exposure to water play critical roles in the kinetics of lipid oxidation during heat and cold desalting processes. Thus, the higher acidity and oxidation observed in the control sample of brand B underscore the importance of adequately controlling the raw material and processing steps to ensure the stability and quality of meat products. On the other hand, curing salts such as nitrite are known to prevent lipid oxidation in meat products, acting as antioxidants that inhibit free radical chain reactions and delay rancidity, a reaction considered one of the main functions of nitrite salts in meat processing. Therefore, the amount of nitrite may have varied considerably in the samples according to each desalting method, thus varying lipid oxidation between the desalting methods [51].

Comparing these findings with those of Sampaio et al. [37], it is observed that the oxidation found in jerked beef ( $\approx 1.0$  mEq/kg) is consistently higher than in *charque* ( $\approx 0.35$  mEq/kg). This confirms the greater susceptibility of jerked beef, associated with its higher moisture content and lower salt concentration. The results of the present study are consistent with this interpretation, since desalting at room temperature, by promoting greater water input and ash reduction, increases the oxidative tendency, although to a lesser extent than the heat method.

Data from Coró et al. [38] further reinforces this scenario, showing that, under storage conditions, jerked beef without antioxidants can reach TBARS levels above 4 mg MDA/kg after 60 days. However, the addition of natural antioxidants, such as yerba mate and propolis, was effective in reducing these values to ranges between 1.6 and 2.1 mg MDA/kg, similar to those found in nitrite-treated products. This comparison suggests that although the desalting process affects oxidation in the short term, additional strategies, such as antioxidant use, may be necessary to maintain stability throughout the shelf life.

The study by Correia and Biscontini [21] showed that desalting and cooking processes also intensify lipid oxidation, although without numerical details. This finding aligns with the present study, which found that heat desalting produced the highest levels of TBARS, confirming that heat accelerates the formation of secondary oxidation products. Thus, the literature supports the observation that both salt diffusion and heat application are key factors in determining the oxidative stability of jerked beef.

#### 4.3. Determination of Titratable Acidity and pH

The control sample from brand B presented the highest level of titratable acidity. It showed the highest level of initial lipid oxidation, even before any desalting method was used, suggesting nonconformities in the production and/or quality control of that Brand. This is explained by the formation of chemicals such as peroxides, resulting from lipid oxidation, as well as the release of free fatty acids in the meat, also a result of lipid oxidation, which leads to increased titratable acidity.

Dominguez et al. and Amaral, Silva, and Lannes [46,52] emphasize that lipid oxidation is a process involving multiple mechanisms with complex reactions and interactions be-

tween substrates and catalysts. These reactions are influenced by various factors, leading to the formation of peroxides and byproducts that affect the food's chemical stability, increase acidity, and influence the sensory and nutritional quality of the meat. However, Mediani et al. and Rahman et al. [44,50] state that the drying and storage process intensifies lipid oxidation, resulting in the accumulation of peroxides and aldehydes that directly impact meat stability and are a determining factor in the development of rancidity, consequently leading to a loss of technological and sensory quality in meat and meat products. Furthermore, studies by Wazir et al. [47] reinforced the notion that ready-to-eat meat products with higher peroxide values also showed increased free fatty acid content, indicating a direct relationship between lipid oxidation and acidity.

Compared to literature, the results are consistent with those reported by [34], who found average values of around 0.7 g/100 g, with jerked beef presenting higher acidity than *charque* [38]. Moreover, they reported similar ranges (0.5–0.8 g/100 g), regardless of the partial replacement of nitrite with natural antioxidants, suggesting that acidity is relatively stable even with formulation changes. Ref. [19] identified ranges of 0.4–0.7 g/100 g, close to those observed in the present study, especially after desalting.

Similar results were reported by Correia and Biscontini [21], who, when evaluating different methods of desalting jerked beef, highlighted that the variation in titratable acidity remained within narrow ranges, from 0.4 to 0.8 g/100 g, reflecting the effect of dilution and moisture balance rather than intense biochemical transformations. The author also emphasized that, although the pH did not present significant variations, its stability is fundamental for the safety of the product, since adequate acidity and pH values help limit microbial growth during desalting.

Despite the relevant results, this study has limitations, as it was conducted under controlled laboratory conditions and evaluated only one type of cut. Therefore, future studies should investigate the kinetics of sodium diffusion, as well as the microstructural and microbiological changes and the sensory impact of desalting under different times and temperatures, in addition to exploring the use of complementary technologies, such as ultrasound and natural antioxidants, to optimize sodium removal and consequently preserve the quality of cured meat.

## 5. Conclusions

Jerked beef contains high amounts of sodium, exceeding 6000 mg/100 g, making it a product that requires desalting before being added to various dishes. Desalting in room-temperature water is the most efficient method for reducing sodium in jerked beef, even though final levels remain high compared to recommended daily intakes. This reinforces the need to standardize the production process and the policies for reformulating meat products.

It is noteworthy that, although the sodium content remains above the WHO-recommended intake limits, the desalted product shows a significant reduction compared to the control and can be used as an intermediate ingredient in culinary preparations (such as “feijoada”, casseroles, fillings, and typical regional dishes). In these applications, additional dilution of the sodium content during cooking contributes to the product's suitability for a diet with lower sodium. This approach enhances the technological and gastronomic viability of desalted, dried meat without compromising the product's cultural identity.

In this study, desalting at room temperature proved to be more effective, reducing sodium with a lower increase in TBARS. While the heat method substantially increases oxidative instability, acidity is less impacted by desalting conditions than other components (such as sodium, protein, and lipids). However, it may still reflect compositional changes resulting from salt and water balance. Therefore, this study demonstrated that the desalt-

ing method significantly influences not only sodium reduction but also the nutritional composition, acidity, pH, and oxidative stability of the jerked beef product.

**Author Contributions:** Conceptualization, R.B.A.B. and M.d.D.P.F.I.; methodology, M.d.D.P.F.I., M.A.M., F.L.d.S., and M.d.S.T.; formal analysis, R.B.A.B.; investigation, M.d.D.P.F.I. and M.E.C.d.M.; resources, R.B.A.B.; writing—original draft preparation, M.d.D.P.F.I. and M.E.C.d.M. writing—review and editing, R.B.A.B. and M.A.M.; supervision, R.B.A.B.; project administration, R.B.A.B. and M.d.D.P.F.I.; funding acquisition, R.B.A.B. All authors have read and agreed to the published version of the manuscript.

**Funding:** FAPDF funded this research, grant number 00193-00001769/2022-11.

**Institutional Review Board Statement:** Not applicable.

**Informed Consent Statement:** Not applicable.

**Data Availability Statement:** The data presented in this study are available on request from the corresponding author.

**Acknowledgments:** The authors have reviewed and edited the output and take full responsibility for the content of this publication.

**Conflicts of Interest:** The authors declare that they have no conflicts of interest.

## References

- Gonçalves, R.M.; Gonçalves, J.R.; Gonçalves, R.M.; Oliveira, R.R.d.; Oliveira, R.A.d.; Lage, M.E. Physical-Chemical Evaluation of and Heavy Metals Contents in Broiler and Beef Mechanically Deboned Meat (Mdm) Produced in The State of Goiás, Brazil. *Ciênc. Anim. Bras.* **2009**, *10*, 553–559. Available online: <https://revistas.ufg.br/vet/article/view/1116> (accessed on 15 September 2025).
- Ribeiro, C.S.G.; Corção, M. The Consumption of Meat in Brazil: Between Socio-Cultural and Nutritional Values. *Demetra Aliment. Nutr. Saúde* **2013**, *8*, 425–438. [\[CrossRef\]](#)
- Magalhaes, D.R.; Maza, M.T.; Prado, I.N.; Fiorentini, G.; Kirinus, J.K.; Campo, M.M. An Exploratory Study of the Purchase and Consumption of Beef: Geographical and Cultural Differences between Spain and Brazil. *Foods* **2022**, *11*, 129. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
- Henchion, M.M.; McCarthy, M.; Resconi, V.C. Beef Quality Attributes: A Systematic Review of Consumer Perspectives. *Meat Sci.* **2017**, *128*, 1–7. [\[CrossRef\]](#)
- Molina-Filho, L.; Pedro, M.A.M.; Telis-Romero, J.; Barboza, S.H.R. Influência da Temperatura e da Concentração do Cloreto de Sódio (NaCl) nas Isotermas de Sorção da Carne de Tambaqui (*Colossoma macroparum*). *Ciênc. Tecnol. Aliment.* **2006**, *26*, 453–458. [\[CrossRef\]](#)
- Carvalho Júnior, B.C. Estudo da Evolução das Carnes Bovinas Salgadas no Brasil e Desenvolvimento de um Produto de Conveniência Similar à Carne-de-Sol. Ph.D. Thesis, Universidade Estadual de Campinas, São Paulo, Brazil, 2002.
- Tang, Y.; Chen, G.; Wang, D.; Hu, R.; Li, H.; Liu, S.; Zhang, Q.; Ming, J.; Chi, Y. Effects of Dry-Salting and Brine-Pickling Processes on the Physicochemical Properties, Nonvolatile Flavour Profiles and Bacterial Community during the Fermentation of Chinese Salted Radishes. *LWT* **2022**, *157*, 113084. [\[CrossRef\]](#)
- Freitas, J.M.A.; Higuchi, L.H.; Feiden, A.; Maluf, M.L.F.; Dallagnol, J.M.; Boscolo, W.R. Salga Seca e Úmida de Filés de Pacu (*Piaractus mesopotamicus*). *Ciênc. Agrár.* **2011**, *32*, 613–620. [\[CrossRef\]](#)
- Alves, L.L.; Delbem, A.C.B.; Abreu, U.G.P.; Lara, J.A.F. Avaliação Físico-Química e Microbiológica da Carne Soleada do Pantanal. *Ciênc. Tecnol. Aliment.* **2010**, *30*, 729–734. [\[CrossRef\]](#)
- Mársico, E.T.; Moraes, I.A.; Silva, C.; Barreira, V.B.; Mantilla, S.P.S. Parâmetros Físico-Químicos de Qualidade de Peixe Salgado e Seco (Bacalhau) Comercializado em Mercados Varejistas. *Rev. Inst. Adolfo Lutz* **2009**, *68*, 406–410. [\[CrossRef\]](#)
- Tadini, C.; Nicoletti, V.; Meirelles, A.; Pessoa Filho, P. *Operações Unitárias na Indústria de Alimentos*; Blucher: São Paulo, Brazil, 2015. Available online: <https://www.researchgate.net/publication/283348857> (accessed on 1 September 2025).
- Miller, V.; Reedy, J.; Cudhea, F.; Zhang, J.; Shi, P.; Erndt-Marino, J.; Coates, J.; Micha, R.; Webb, P.; Mozaffarian, D.; et al. Global, Regional, and National Consumption of Animal-Source Foods between 1990 and 2018: Findings from the Global Dietary Database. *Lancet Planet. Health* **2022**, *6*, e243–e256. [\[CrossRef\]](#)
- Neto, P.A.; Lima, F.K.S.; Mendes, L.G.; Monte, A.L. Revisão Sistemática de Carne Salgada e seus Processos de Qualidade. *Res. Soc. Dev.* **2021**, *10*, e22389. [\[CrossRef\]](#)

14. Mill, J.G.; Malta, D.C.; Machado, Í.E.; Pate, A.; Pereira, C.A.; Jaime, P.C.; Szwarcwald, C.L.; Rosenfeld, L.G. Estimation of Salt Intake by the Brazilian Population: Results from the 2013 National Health Survey. *Rev. Bras. Epidemiol.* **2019**, *22* (Suppl. S2), e190009.SUPL.2. [[CrossRef](#)]
15. Mill, J.G.; Malta, D.C.; Nilson, E.A.F.; Machado, I.E.; Jaime, P.C.; Bernal, R.T.I.; Cardoso, L.S.M.; Szwarcwald, C.L. Factors Associated with Salt Intake in the Brazilian Adult Population: National Health Survey. *Ciênc. Saúde Colet.* **2021**, *26*, 555–567. [[CrossRef](#)]
16. Oliveira, I.M.; Araújo, A.; Roediger, M.A.; Trevisan, D.M.; Andrade, Z.F.B. Factors Associated with Undiagnosed Hypertension among Elderly Adults in Brazil—ELSI-Brazil. *Ciênc. Saúde Colet.* **2022**, *27*, 5. [[CrossRef](#)]
17. Zhao, D.; Qi, Y.; Zheng, Z.; Wang, Y.; Zhang, X.Y.; Li, H.J.; Liu, H.H.; Zhang, X.T.; Du, J.; Liu, J. Dietary Factors Associated with Hypertension. *Nat. Rev. Cardiol.* **2011**, *8*, 456–465. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
18. He, F.J.; MacGregor, G.A. Reducing Population Salt Intake Worldwide: From Evidence to Implementation. *Prog. Cardiovasc. Dis.* **2010**, *52*, 363–382. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
19. Guedes, L.F.; Felisbino-Mendes, M.S.; Vegi, A.S.; Meireles, A.L.; Menezes, M.C.; Malta, D.C.; Machado, Í.E. Health impacts caused by excessive sodium consumption in Brazil. *Rev. Soc. Bras. Med. Trop.* **2022**, *55*, e0266-2021. Available online: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC9022945/> (accessed on 22 October 2025). [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
20. Nilson, E.A.F.; Andrade, G.C.; Claro, R.M.; Louzada, M.L.; Levy, R.B. Sodium intake according to NOVA food classification in Brazil. *Cad. Saúde Pública* **2024**, *40*, e00073823. Available online: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC10896487/> (accessed on 10 September 2025).
21. Correia, R.T.P.; Biscontini, T.M.B. Influência da Dessalga e Cozimento sobre a Composição Química e Perfil de Ácidos Graxos de Charque e Jerked Beef. *Ciênc. Tecnol. Aliment.* **2003**, *23*, 38–42. [[CrossRef](#)]
22. Sheard, P.R.; Nute, G.; Chappell, A. The Effect of Cooking on the Chemical Composition of Meat Products with Special Reference to Fat Loss. *Meat Sci.* **1998**, *49*, 175–191. [[CrossRef](#)]
23. Rodriguez-Estrada, M.T.; Penazzi, G.; Caboni, M.F.; Bertazzo, G.; Lercker, G. Effect of Different Cooking Methods on Some Lipids and Protein Components of Hamburgers. *Meat Sci.* **1997**, *45*, 365–375. [[CrossRef](#)]
24. Brasil. Centro de Vigilância Sanitária. Portaria CVS nº 6, de 10 de março de 1999. Available online: <https://midiasstoragesec.blob.core.windows.net/001/2017/03/portaria-seis.pdf> (accessed on 10 August 2025).
25. Feitosa, T. *Contaminação, Conservação e Alteração da Carne*; Embrapa-CNPAT: Fortaleza, Brazil, 1999; Documentos, 34; Available online: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/421977/1/De034.pdf> (accessed on 5 July 2025).
26. Borch, E.; Arinder, P. Bacteriological Safety Issues in Red Meat and Ready-to-Eat Meat Products, as Well as Control Measures. *Meat Sci.* **2002**, *62*, 381–390. [[CrossRef](#)]
27. Oliveira, H.; Gonçalves, A.; Nunes, M.L.; Vaz-Pires, P.; Costa, R. Quality changes during cod (*Gadus morhua*) desalting at different temperatures. *J. Sci. Food Agric.* **2015**, *95*, 2632–2640. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
28. Lorenzo, J.M.; Munekata, P.E.; Dominguez-Valencia, R.; Pateiro, M.; Saraiva, J.A.; Franco, D.J. Main Groups of Microorganisms of Relevance for Food Safety and Stability: General Aspects and Overall Description. In *Innovative Technologies for Food Preservation*; Barba, F.J., Sant’ana, A.S., Orlien, V., Koubaa, M., Eds.; Elsevier: Oxford, UK, 2018; pp. 53–107. [[CrossRef](#)]
29. AOAC International. *Official Methods of Analysis of AOAC International*, 18th ed.; AOAC International: Gaithersburg, MD, USA, 2005; Method 925.10.
30. AOAC International. *Official Methods of Analysis of AOAC International*, 16th ed.; AOAC International: Gaithersburg, MD, USA, 1998; Method 900.02. Available online: <https://www.scribd.com/document/447361723/AOAC-Official-Method-900-02-Ash-of-Sugars-and-Syrups-pdf> (accessed on 2 February 2025).
31. AACC International. *AACC International Approved Methods*; AACC International: St. Paul, MN, USA, 2015; Available online: <http://methods.aaccnet.org/toc.aspx> (accessed on 2 February 2025).
32. AOCS. *Approved Procedure Am 5-04 Rapid Determination of Oil/Fat Utilizing High Temperature Solvent Extraction*; American Oil Chemists’ Society: Urbana, IL, USA, 2005; Available online: <http://www.academia.edu/30938058/AOCS> (accessed on 2 February 2025).
33. Madsen, H.L.; Sorensen, B.; Skibsted, L.H.; Bertelsen, G. The Antioxidative Activity of Summer Savory (*Satureja hortensis* L.) and Rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.) in Dressing Stored Exposed to Light or in Darkness. *Food Chem.* **1998**, *63*, 173–180. [[CrossRef](#)]
34. AOAC International. *Official Methods of Analysis of AOAC International*, 16th ed.; AOAC International: Gaithersburg, MD, USA, 1997; Method 981.12; Method 942.15.
35. Duarte, A.C.B. Método de Dessalga de Jerked Beef como Procedimento para Garantir Inocuidade. Master’s Thesis, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, Brazil, 2013. Available online: <https://repositorio.ufmg.br/handle/1843/BUBD-9EBPHR> (accessed on 2 February 2025).
36. Silva, M.G.F. Controle de Segurança Microbiológica em Alimentos durante Descongelamento e Dessalga. Master’s Thesis, Universidade Católica Portuguesa, Porto, Portugal, 2023.

37. Sampaio, A.N.C.E.; Caron, E.F.F.; Cézar, C.K.C.; Raghianti, F.; Possebon, F.S.; Pereira, J.G.; Martins, O.A. Understanding Lipid Oxidation in Dried Meat and Cured Dried Meat: Insights from Peroxide Index Analysis. *Food Sci. Technol.* **2024**, *44*, e00340. [[CrossRef](#)]
38. Coró, F.A.G.; Gaino, V.O.; Carneiro, J.; Coelho, A.R.; Pedrão, M.R. Control of Lipid Oxidation in Jerked Beef through the Replacement of Sodium Nitrite by Natural Extracts of Yerba Mate and Propolis as Antioxidant Agent. *Braz. J. Dev.* **2020**, *6*, 4834–4850. [[CrossRef](#)]
39. He, F.J.; Tan, M.; Ma, Y.; MacGregor, G.A. Salt reduction to prevent hypertension and cardiovascular disease. *J. Am. Coll. Cardiol.* **2020**, *75*, 632–647. [[CrossRef](#)]
40. Brasil Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. *Instrução Normativa n° 92, de 18 de Setembro de 2020*; Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento: Brasília, Brazil, 2020.
41. Özisik, M.N. Transferência de Massa. In *Transferência de Calor: Um Texto Básico*; Guanabara: Rio de Janeiro, Brazil, 1985; p. 597.
42. Cremasco, M.A. *Difusão Mássica*; Blucher: São Paulo, Brazil, 2019.
43. Moraes, F.; Rodrigues, N.S.S. Maximização do Rendimento no Processamento de Carne Bovina (*Músculo Semitendinosus*) pelo Sistema *Sous Vide*. *Braz. J. Food Technol.* **2017**, *20*, e2016048. [[CrossRef](#)]
44. Mediani, A.; Hamezah, H.S.; Jam, F.A.; Mahadi, N.F.; Chan, S.X.Y.; Rohani, E.R.; Che Lah, N.H.; Azlan, U.K.; Khairul Annuar, N.A.; Azman, N.A.F.; et al. A Comprehensive Review of Drying Meat Products and the Associated Effects and Changes. *Front. Nutr.* **2022**, *9*, 1057366. [[CrossRef](#)]
45. Estevez, M. Protein carbonyls in meat systems: A review. *Meat Sci.* **2011**, *89*, 259–279. [[CrossRef](#)]
46. 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* **2019**, *8*, 429. [[CrossRef](#)]
47. Wazir, H.; Chay, S.Y.; Ibadullah, W.Z.W.; Zarei, M.; Mustapha, N.A.; Saari, N. Lipid Oxidation and Protein Co-Oxidation in Ready-to-Eat Meat Products as Affected by Temperature, Antioxidant, and Packaging Material during 6 Months of Storage. *RSC Adv.* **2021**, *11*, 38565–38577. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
48. Xia, X.; Zhou, G.; Xu, X. Heat-Induced Protein and Lipid Oxidation in Meat Products: Implications for Quality and Safety. *RSC Adv.* **2021**, *11*, 24315–24328.
49. Shimizu, H.; Shimizu, T. Problems of Lipid Oxidation in Minced Meat Products for a Long Shelf Life. *Meat Sci.* **2022**, *183*, 108675.
50. Rahman, M.S.; Al-Khusaibi, M.; Guizani, N. Lipid Oxidation and Its Impact on the Quality of Meat and Meat Products. *Compr. Rev. Food Sci. Food Saf.* **2015**, *14*, 421–436.
51. Shakil, M.H.; Trisha, A.T.; Rahman, M.; Talukdar, S.; Kobun, R.; Huda, N.; Zzaman, W. Nitrites in Cured Meats, Health Risk Issues, Alternatives to Nitrites: A Review. *Foods* **2023**, *12*, 1812. [[CrossRef](#)]
52. Amaral, A.B.; Silva, M.V.; Lannes, S.C.S. Lipid Oxidation in Meat: Mechanisms and Protective Factors—A Review. *Food Sci. Technol.* **2018**, *38*, 1–15. [[CrossRef](#)]

**Disclaimer/Publisher's Note:** The statements, opinions and data contained in all publications are solely those of the individual author(s) and contributor(s) and not of MDPI and/or the editor(s). MDPI and/or the editor(s) disclaim responsibility for any injury to people or property resulting from any ideas, methods, instructions or products referred to in the content.

## 6 CONCLUSÃO

- A padronização do pré-preparo permitiu reproduzir condições reais de uso em Unidades de Alimentação e Nutrição (UANs), assegurando homogeneidade das amostras e reprodutibilidade experimental.
- O binômio tempo × temperatura foi determinante para a eficiência da dessalga: a condição à temperatura ambiente apresentou maior remoção de sódio, enquanto a refrigeração apresentou com menor eficiência da dessalga.
- Apesar de os teores residuais de sódio permanecerem acima das recomendações da OMS, observou-se redução significativa em relação ao produto controle, viabilizando o uso do JB dessalgado como ingrediente intermediário em preparações culinárias, com diluição adicional do sódio durante o cozimento.
- A dessalga mostrou-se etapa indispensável para viabilizar o consumo do *Jerked beef*, porém, promove alterações relevantes nos parâmetros físico-químicos.
- A oxidação lipídica foi impactada pelos tratamentos, com maior suscetibilidade em determinadas condições, especialmente sob refrigeração.
- As análises de cor indicaram alterações perceptíveis após a dessalga, principalmente nos parâmetros  $a^*$  e  $\Delta E^*$ , sugerindo redução da intensidade do vermelho e mudanças visuais dependentes da marca e do tratamento.
- Nitrito e nitrato foram significativamente reduzidos em todas as condições, ainda que com variação entre marcas e lotes; apesar da conformidade legal, a redução desses sais pode comprometer funções tecnológicas essenciais da cura, como estabilidade de cor e proteção antioxidante.
- A variabilidade entre marcas e lotes (inclusive no controle) evidenciou falta de padronização industrial, afetando a previsibilidade da dessalga e os teores residuais de sais, a composição e a estabilidade do JB.
- Em conjunto, os resultados reforçam a necessidade de estratégias tecnológicas e orientações claras para o pré-preparo do *Jerked beef*, visando equilibrar redução de sódio e sais de cura com manutenção da qualidade, estabilidade oxidativa, segurança e aceitabilidade, tanto no consumo doméstico quanto em UANs.

## 6.1 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo consolida avanços importantes na compreensão da cinética de dessalga do *Jerked Beef*, um produto amplamente consumido mundialmente e reconhecidamente associado a elevados teores de sódio na dieta. Ao avaliar de forma sistemática diferentes técnicas de dessalga, os resultados confirmam a dessalga como etapa indispensável para tornar o produto adequado ao consumo, além de contribuir para o entendimento dos mecanismos de transferência de massa e das alterações físico-químicas decorrentes do processo. Entre as técnicas avaliadas, a dessalga à temperatura ambiente destacou-se como a mais eficiente na remoção de sódio, alcançando as maiores reduções percentuais observadas no estudo.

Todavia, os achados deixam claro que essa maior eficiência deve ser interpretada à luz de critérios rigorosos de segurança. A dessalga à temperatura ambiente exige controle estrito da temperatura e do tempo de exposição, uma vez que períodos prolongados fora de refrigeração podem favorecer o crescimento microbiano.

Ressalta-se que a denominada “temperatura ambiente” em UANs frequentemente difere das condições controladas adotadas em estudos experimentais. Embora manuais técnicos e normativas recomendem que as áreas de manipulação operem, sempre que possível, em faixas entre 20 e 26 °C, na prática de UANs brasileiras são comuns temperaturas superiores a esse intervalo, especialmente em contextos de grande volume de produção e em áreas próximas à cocção, onde valores acima de 28°C são rotineiramente observados. Nesse sentido, reforça a necessidade de cautela na extrapolação dos resultados. Assim, a aplicação da dessalga à temperatura ambiente em contextos institucionais exige controle rigoroso do tempo e da temperatura, a fim de preservar a segurança do alimento e minimizar riscos microbiológicos.

A dessalga sob refrigeração, embora tenha apresentado menor eficiência na remoção de sódio e, em algumas amostras, maior impacto na oxidação lipídica, mostrou-se uma alternativa mais conservadora do ponto de vista da segurança microbiológica. No entanto, sua aplicabilidade em UANs pode ser limitada pela necessidade de grandes áreas refrigeradas para atender a elevados volumes de produção, o que configura um desafio operacional relevante. Esses resultados evidenciam que a escolha da técnica de dessalga deve considerar não apenas a eficiência tecnológica, mas também as condições estruturais e operacionais do local de preparo.

O estudo também evidencia uma acentuada falta de padronização industrial, expressa pelas diferenças significativas observadas entre marcas e entre lotes de uma mesma marca, já nas amostras controle. Essa variabilidade inicial impacta diretamente a resposta do produto às técnicas de dessalga e compromete a previsibilidade do processo, refletindo-se em diferenças

no teor residual de sódio, na composição físico-química e na estabilidade do produto após o preparo. Para o consumidor, essa ausência de uniformidade implica incertezas quanto à qualidade, ao perfil nutricional e à segurança do alimento, reforçando a necessidade de maior controle tecnológico e de padronização industrial.

Dessa forma, os resultados desta tese não apenas contribuem para o avanço do conhecimento científico sobre a dessalga do *JB*, mas também oferecem subsídios concretos para a tomada de decisão em ambientes domésticos e institucionais, bem como para reflexões sobre práticas industriais e orientações ao consumidor, consolidando a relevância do estudo no contexto da saúde pública e da segurança alimentar.

Apesar dos resultados relevantes, este estudo apresenta limitações, pois foi conduzido em condições laboratoriais controladas e avaliou apenas um tipo de corte e uma única troca de água. Portanto, estudos futuros devem investigar a cinética de difusão de sódio, bem como as alterações microestruturais, microbiológicas e o impacto sensorial da dessalga sob diferentes tempos e temperaturas, além de explorar o uso de tecnologias complementares, na fabricação do produto, como o uso de ultrassom e antioxidantes naturais para otimizar a remoção de sódio e conseqüentemente preservando a qualidade da carne curada.

Destaca-se que, embora os valores de sódio encontrados neste estudo permaneçam acima dos limites ideais de ingestão recomendados pela OMS (2023), o produto dessalgado apresenta redução significativa em relação ao controle e pode ser utilizado como ingrediente intermediário em preparações culinárias (como feijoadas, escondidinhos, recheios e pratos típicos regionais). Nessas aplicações, ocorre uma diluição adicional do teor de sódio durante o cozimento, o que contribui para a adequação do produto a uma dieta com teor de sódio mais baixo. Essa abordagem amplia a viabilidade tecnológica e gastronômica da carne seca dessalgada, sem comprometer a segurança, o sabor característico e a identidade cultural do produto.

## 7 REFERÊNCIAS

ABEGUNDE, D. O; MATHERS, C. D; ADAM, T *et al.* The burden and costs of chronic diseases in low-income and middle-income countries. *Lancet*. 2007; 370 (9603): 1929-38. DOI: [10.1016/S0140-6736\(07\)61696-1](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(07)61696-1)

ALVES, L. L.; DELBEM, A. C. B.; ABREU, U. G. P. *et al.* Avaliação físico-química e microbiológica da carne soleada do Pantanal. *Ciênc. Tecnol. Aliment.*, Campinas, 30 (3): 729-734, jul.-set. 2010 ISSN 0101-2061. DOI: [10.1590/S0101-20612010000300025](https://doi.org/10.1590/S0101-20612010000300025)

ALVES, L. L. *Avaliação físico-química e microbiológica da carne soleada do pantanal*. 2008. 55p. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) - Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande, 2008. <https://doi.org/10.1590/S0101-20612010000300025>

AMBIEL, C. *Efeitos das concentrações combinadas de cloreto e lactato de sódio na qualidade e conservação de um sucedâneo da carne-de-sol*. 2004.101p. Dissertação de Mestrado em Tecnologia de Alimentos. Universidade Estadual de Campinas. <https://acesse.one/GkDgS>

AMSA.AMERICAN MEAT SCIENCE ASSOCIATION. Meat color measurement guidelines. Champaign, IL: American Meat Science Association, 2012. Disponível em: [https://meatscience.org/docs/default-source/publications-resources/hot-topics/2012\\_12\\_meat\\_clr\\_guide.pdf](https://meatscience.org/docs/default-source/publications-resources/hot-topics/2012_12_meat_clr_guide.pdf)

ANDRADE, R. *Desenvolvimento de métodos analíticos para determinação de nitrato, nitrito e N-nitrosaminas em produtos cárneos*. 2004.177p. Tese de Doutorado, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP, Brasil.2004.[https://bdtd.ibict.br/vufind/Record/UNICAMP-30\\_ad6f8c4cfece598a09d7af63e66746a4](https://bdtd.ibict.br/vufind/Record/UNICAMP-30_ad6f8c4cfece598a09d7af63e66746a4)

ANDRÉS A, RODRÍGUEZ-BARONA S, BARAT JM; FITO P. Salted cod manufacturing: Influence of salting procedure on process yield and product characteristics. *J Food Eng*. 69:467–471 (2005). [https://www.researchgate.net/publication/223690468\\_Salted\\_cod\\_manufacturing\\_Influence\\_of\\_salting\\_procedure\\_on\\_process\\_yield\\_and\\_product\\_characteristics](https://www.researchgate.net/publication/223690468_Salted_cod_manufacturing_Influence_of_salting_procedure_on_process_yield_and_product_characteristics)

ANDRÉS, R. CAVA, J. VENTANAS, E. MURIEL, J. RUIZ. Lipid oxidative changes throughout the ripening of dry-cured Iberian hams with different salt contents and processing conditions. *Food Chemistry*, Volume 84, Issue 3, 2004, Pages 375-381,ISSN 308-8146, [https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(03\)00243-7](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(03)00243-7)

ANVISA (Agência Nacional de Vigilância Sanitária). *Cartilha orientativa: comercialização de pescado salgado e pescado salgado seco*. 2007. <https://www.gov.br/anvisa/pt-br/centraisdeconteudo/publicacoes/alimentos/manuais-guias-e-orientacoes/cartilha-orientativa-comercializacao-de-pescado-salgado-e-pescado-salgado-seco.pdf/view>

AROKIYARAJ, S.; DINAKARKUMAR, Y.; SHIN, H. A comprehensive overview on the preservation techniques and packaging of processed meat products: emphasis on natural derivatives. *Journal of King Saud University – Science*, v. 36, art. 103032, 2024. <https://doi.org/10.1016/j.jksus.2023.103032>

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS - AOAC. *Official Methods of analysis of AOAC International*. 18. ed. Washington: AOAC, 2005.

AOAC International. *Official Methods of Analysis of AOAC International*, 16th ed.; AOAC International: Gaithersburg, MD, USA, 1998; Method 900.02. Available online: <https://www.scribd.com/document/447361723/AOAC-Official-Method-900-02-Ash-of-Sugars-and-Syrups-pdf>

AOAC INTERNATIONAL. *Official methods of analysis of AOAC International*. 18. ed. Gaithersburg, MD: AOAC International, 2006. <https://archive.org/details/officialmethodso0000aoac>

AOAC International. *Official method 973.31: nitrites in cured meat – colorimetric method*. In: *Official methods of analysis of AOAC International*. 17. ed. Gaithersburg, MD: AOAC International, 2000. [https://www.academia.edu/76695116/Modification\\_of\\_AOAC\\_Method\\_973\\_31\\_for\\_Determination\\_of\\_Nitrite\\_in\\_Cured\\_Meats](https://www.academia.edu/76695116/Modification_of_AOAC_Method_973_31_for_Determination_of_Nitrite_in_Cured_Meats)

AOCS. Approved Procedure Am 5-04 Rapid Determination of Oil/Fat Utilizing High Temperature Solvent Extraction. *Am. Oil Chem. Soc.* **2005**. Available online: <http://www.academia.edu/30938058/AOCS>

BARAT, J. M.; RODRÍGUEZ-BARONA, S.; CASTELLÓ, M.; ANDRÉS, A.; FITO, P. Cod desalting process as affected by water management. *Journal of Food Engineering*, Amsterdam, v. 61, n. 3, p. 353–357, 2004. [https://doi.org/10.1016/S0260-8774\(03\)00140-7](https://doi.org/10.1016/S0260-8774(03)00140-7)

BIDLAS, E.; LAMBERT, R. J. Comparing the antimicrobial effectiveness of NaCl and KCl with a view to salt/sodium replacement. *Int. J. Food Microbiol.* 2008, 124, 98–102. DOI: [10.1016/j.ijfoodmicro.2008.02.031](https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2008.02.031)

BISCONTINI, T. M. B.; SHIMOKOMAKI, M.; FERREIRA, S. O.; ZORN, T. M. T. An ultrastructural observation on charques, salted and intermediate moisture meat products. *Meat Science*, Barking, v.43, n. 3-4, p.351-358, 1996. [https://doi.org/10.1016/S0309-1740\(96\)00027-7](https://doi.org/10.1016/S0309-1740(96)00027-7)

BOTELHO, R. B. A.; ARAÚJO, W. M. C.; ZANDONADI, R. P. Main regional foods offered in Northeast Brazilian restaurants and motives for their offer. *Journal of Culinary Science & Technology*, v. 18, n. 3, p. 225–239, 2020.DOI: [10.1080/15428052.2020.1777920](https://doi.org/10.1080/15428052.2020.1777920)

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. *Vigitel Brasil 2023: vigilância de fatores de risco e proteção para doenças crônicas por inquérito telefônico: estimativas sobre frequência e distribuição sociodemográfica nas capitais dos 26 estados brasileiros e no Distrito Federal em 2020*. Brasília, DF: Ministério da Saúde, 2023. [https://bvsm.sau.gov.br/bvs/publicacoes/vigitel\\_brasil\\_2021.pdf](https://bvsm.sau.gov.br/bvs/publicacoes/vigitel_brasil_2021.pdf)

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. *Instrução Normativa nº92, de 18 de setembro de 2020*. Dispõe sobre a Identidade e os Requisitos de Qualidade do Charque, da Carne Salgada Curada Dessecada, do Miúdo Salgado Dessecado e do Miúdo Salgado Curado Dessecado. Brasília: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. 2020. <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/instrucao-normativa-n-92-de-18-de-setembro-de-2020-278692460>

BRASIL. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Pesquisa de Orçamentos Familiares 2017–2018: análise do consumo alimentar pessoal no Brasil*. Rio de Janeiro: IBGE, 2019. <https://biblioteca.ibge.gov.br/index.php/biblioteca-catalogo?view=detalhes&id=2101742>

BRASIL. Decreto nº 9.013, de 29 de março de 2017. Regulamenta a inspeção industrial e sanitária de produtos de origem animal (RIISPOA). *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 30 mar. 2017. <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/inspecao/produtos-animais/arquivos-publicacoes-dipoa/perguntas-e-respostas-decreto-9-013-de-2017-regulamento-de-inspecao-industrial-e-sanitaria-de-produtos-de-origem-animais>

BRASIL. Município de São Paulo. Secretaria Municipal da Saúde. *Portaria SMS nº 2.619, de 5 de dezembro de 2011*. <https://legislacao.prefeitura.sp.gov.br/leis/portaria-secretaria-municipal-da-saude-2619-de-6-de-dezembro-de-2011>

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. *Instrução Normativa nº 20, de 21 de julho de 2005*. Regulamento técnico de identidade e qualidade de carne moída. *Diário Oficial da União*: seção 1, Brasília, DF, 22 jul. 2005. BRASIL. <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/defesa-agropecuaria/suasa/regulamentos-tecnicos-de-identidade-e-qualidade-de-produtos-de-origem-animais-1/rtiq-carneos-e-seus-derivados-1>

BRASIL. Centro de Vigilância Sanitária. *Portaria CVS nº 6, de 10 de março de 1999*. Dispõe sobre o regulamento técnico referente a alimentos desidratados. Diário Oficial do Estado de São Paulo, São Paulo, 11 mar. 1999. chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/<https://midiasstoragesec.blob.core.windows.net/001/2017/03/portaria-seis.pdf>

CARNEIRO, J.; JUNQUEIRA, L. C. *Biologia celular e molecular*. 9. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2012. 376 p.  
<https://archive.org/details/BiologiaCelularEMolecularJunqueiraECarneiro9Ed/mode/2up>

CASSENS, R.G. Nitrite-cured meat. Trumbull, CT: Food and Nutrition Press, Inc. 1990. [https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(97\)00007-1](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(97)00007-1) Obtenha direitos e conteúdo.

CICHOSKI, A. J.; ZIS, L. C.; FRANCESCHETTO, R. Effects of curing salts on jerked beef quality. *Meat Science*, v. 83, n. 3, p. 447–452, 2009. <https://doi.org/10.1590/S0101-20612009000300015>

CHIRALT, A.; FITO, P.; BARAT, J.M. *et al.* Use of vacuum impregnation in food salting process. *Journal of Food Engineering*. Volume 49, Issues 2–3, 2001, Pages 141-151, ISSN 0260-8774. [https://doi.org/10.1016/S0260-8774\(00\)00219-3](https://doi.org/10.1016/S0260-8774(00)00219-3)

CHOI, UN-SANG, HYUN-WOOK KIM, KO-EUN HWANG, DONG-HUN SONG, TAE-JUN JEONG, KI-HONG JEON, YOUNG-BOONG KIM, CHEON-JEI KIM. Combined effects of presalted prerigor and postrigor batter mixtures on chicken breast gelation. *Poultry Science*, Volume 94, Issue 4, 2015, Pages 758-765, ISSN 0032-5791. <https://doi.org/10.3382/ps/pev029>

CIELAB.COMMISSION INTERNATIONALE DE L'ÉCLAIRAGE. *Colorimetry*. 3. ed. Vienna: CIE, 2004. (CIE 15:2004). <https://archive.org/details/gov.law.cie.15.2004>

CORREIA, L. M. M. Multiplicação de microbiota autóctone e de *staphylococcus aureus* inoculado em linguças frescas produzidas com diferentes concentrações de sais de cura. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 2008. 85 p. (Dissertação, Mestrado em Tecnologia de Alimentos). <https://acervodigital.ufpr.br/handle/1884/18310>

CORREIA, R. T. P.; BISCONTINI, T. M. B. Influência da dessalga e cozimento sobre a composição química e perfil de ácidos graxos de charque e jerked beef. **Ciência e Tecnologia de Alimentos, Campinas**, v. 23, n. 1, p. 38-42, 2003. <https://repositorio.ufrn.br/items/5c64d3da-9d52-476c-93e8-6f5268b4111c>

DAMODARAN, S.; PARKIN, K. L.. Química de alimentos de Fennema. Porto Alegre: ArtMed, 2018. 5.<https://integrada.minhabiblioteca.com.br/books/9788582715468>

DE ARAÚJO, P. D., ARAÚJO, W.M.C; PATARATA, L *et al.* (2022). Understanding the main factors that influence consumer quality perception and attitude towards meat and processed meat products. *Meat science*, 193, p. 108952-108963, 2022 <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2022.108952>.

DE CASTRO, R. S. A, GIATTI, L; BARRETO S. M. Factors associated with the addition of salt to prepared food. *Ciência & Saúde coletiva* 19(5):1503-1512,2014. <https://doi.org/10.1590/1413-81232014195.13212013>

DE LOS REYES, R.; BALBASTRE, J. V.; ANDRÉS, A.; FITO, P.; DE LOS REYES, E. Monitoring the desalting process of cod using dielectric spectroscopy. *Journal of Microwave Power & Electromagnetic Energy*, v. 43, n. 3, p. 42–47, 2009. DOI: 10.1080/08327823.2008.11688619. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21384709/>

DE MOURA SOUZA A, SOUZA BSN, BEZERRA IN, SICHIERI R. The impact of the reduction of sodium content in processed foods in salt intake in Brazil. *Cadernos de Saúde Pública*, Rio de Janeiro, v. 32, n. 2, e00064615, 2016. DOI: 10.1590/0102-311X00064615. <https://doi.org/10.1590/0102-311X00064615>

DE MOURA SOUZA A, BEZERRA IN, PEREIRA RA, PETBOTELHO, R. B. A.; ARAÚJO, W. M. C.; ZANDONADI, R. P. Main regional foods offered in Northeast Brazilian restaurants and motives for their offer. *Journal of Culinary Science & Technology*, v. 18, n. 3, p. 225–239, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1080/15428052.2020.1777920>

DESMOND, E. Reducing salt: A challenge for the meat industry. *Meat Science*. 2006, 74 , 188-196. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2006.04.014>

DITCHFIELD, C. **Estudo dos métodos para a medida da atividade de água**. São Paulo: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. 2000. 195 p. (Dissertação, Mestrado em Engenharia).<https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3137/tde-06112001-090117/publico/tde.pdf>

DUARTE, M. T. Avaliação do teor de nitrito de sódio em linguças do tipo frescal e cozida comercializadas no Estado do Rio de Janeiro, Brasil. Niterói: Faculdade de Veterinária da Universidade Federal Fluminense, 2010. (Tese, Doutorado em Higiene Veterinária e Processamento Tecnológico de Produtos de Origem Animal).<https://app.uff.br/riuff/handle/1/28823>

DUARTE, A. C. B. Método de dessalga de Jerked Beef como procedimento para garantir inocuidade. 2013. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) - Faculdade de Farmácia, Universidade Federal de Minas Gerais, Minas Gerais, 2013. <https://repositorio.ufmg.br/server/api/core/bitstreams/7b17cda9-570e-46e4-85c1-0709499e1a0c/content>

DZIMBA, F. E. J. M. Processamento e avaliação da estabilidade de uma carne condimentada e desidratada tipo Biltong sul africano. Campinas, 2001. 161 p. Tese (doutor em tecnologia de alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, São Paulo, 2001.

ESPINOZA ROJAS, H.; LETELIER CONTRERAS, R.; GONZÁLEZ SCHNAKE, F.; MELÍN MARÍN, P.; GÄDICKE L. HUISSIER, P.; BRUNA CASTILLO, P. Factors determining meat quality and cold preservation methods to extend shelf life. *Open Access Journal of Biomedical Science*, v. 4, n. 1, p. 1459–1470, 2022. DOI: 10.38125/OAJBS.000377.

EVANGELISTA, J. Tecnologia de alimentos. 2. ed. São Paulo: Editora Atheneu, 2005. 652 p.

EVANGELISTA-BARRETO, N. S.; MIRANDA, P. C.; BARBOSA, D. C.; SOUZA, R. H. B. DE; SANTOS, M. S. Condições higiênicas sanitárias da carne de sol comercializada no município de Cruz das Almas, Bahia e detecção de cepas com resistência antimicrobiana. *Semina: Ciências Agrárias, Londrina*, v.35, n.3, p.1311-1322, 2014.

FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. *The State of Food and Agriculture 2023*. Rome: FAO,2023. [The State of Food and Agriculture 2023](#)

FELLOWS, P. J. Food processing technology: principles and practice. 4. ed. Cambridge: WoodheadPublishing,2016. [https://www.ndl.ethernet.edu.et/bitstream/123456789/87738/30/P.Fellows-Food\\_Processing\\_Technology\\_Principle.pdf](https://www.ndl.ethernet.edu.et/bitstream/123456789/87738/30/P.Fellows-Food_Processing_Technology_Principle.pdf)

FINAN, J. D.; GUILAK, F. The effects of osmotic stress on the structure and function of the cell nucleus. *J. Cell. Biochem.* 2010, 109, 460–467. DOI: [10.1002/jcb.22437](https://doi.org/10.1002/jcb.22437)

FREITAS, J. H; LETÍCIA F; ALDI M; MÁRCIA D.; JACKELINE B., WILSON. Dy and umided salting of fillets of pacu (*Piaractus mesopotamicus*). *Ciências Agrárias, Londrina*, v. 32, n. 2, p. 613-620, abr/jun. 2011. DOI:[10.5433/1679-0359.2011v32n2p613](https://doi.org/10.5433/1679-0359.2011v32n2p613)

FREIXO, A.P. A; SILVA.A.C. R; CASTRO, M.L.R.; QUITÉRIO, S.L.; RAICES, S.R.L. Volatile organic compounds present in jerked beef, a traditional Brazilian meat product. *Food Science and Technology*, v. 42, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1590/fst.99521>.

FU Y, CAO S, YANG L, LI Z. Flavor formation based on lipid in meat and meat products: A review. *J Food Biochem.* **2022** Dec;46(12): e14439. doi: 10.1111/jfbc.14439. Epub 2022 Oct 1. PMID: 36183160. <https://doi.org/10.1111/jfbc.14439>

GARZILLO, J. M. F.; LEVY, R. B.; MONTEIRO, C. A. Consumo alimentar e participação da carne na dieta brasileira. *Revista de Saúde Pública*, São Paulo, v. 56, p. 1–10, 2022. <https://doi.org/10.11606/s1518-8787.2022056004830>

GIUSTARINI, D.; ROSSI, R., MILZANI, A. AMP; DALLE-DONNE, I. (2008). Nitrite and nitrate measurement by Griess reagent in human plasma: evaluation of interferences and standardization. *Methods in enzymology*, 440, 361–380. [https://doi.org/10.1016/S0076-6879\(07\)00823-3](https://doi.org/10.1016/S0076-6879(07)00823-3). <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/18423230/>

GÓMEZ, I.; JANARDHANAN, R.; IBÁÑEZ, F. C.; BERIAIN, M. J. The effects of processing and preservation technologies on meat quality: sensory and nutritional aspects. *Foods*, Basel, v. 9, n. 10, art. 1416, 2020. DOI: <https://doi.org/10.3390/foods9101416>

GONÇALVES, R. M.; GONÇALVES, J. R.; GONÇALVES, R. M.; OLIVEIRA, R. R. DE; OLIVEIRA, R. A. DE; LAGE, M. E. Physical-Chemical Evaluation of And Heavy Metals Contents In Broiler And Beef Mechanically Deboned Meat (Mdm) Produced In The State Of Goiás, Brazil. *Ciênc. Anim. Bras.* 2009, 10, 553-559. Disponível em: <https://revistas.ufg.br/vet/article/view/1116>

GOVARI, M.; PEXARA, A. Nitrates and nitrites in meat products. *Journal of the Hellenic Veterinary Medical Society*, Athens, v. 66, n. 3, p. 127–140, 2015. <https://doi.org/10.12681/jhvms.15856>

GRAY, J. I.; MACDONALD, B.; PEARSON, A. M.; MORTON, I. D. Role of Nitrite in Cured Meat Flavor: A Review. *Journal of food protection*, 44(4), 302–312. <https://doi.org/10.4315/0362-028X-44.4.302>

GUÀRDIA, L. GUERRERO, J. GELABERT, P. GOU, J. ARNAU. Consumer attitude towards sodium reduction in meat products and acceptability of fermented sausages with reduced sodium content, *Meat Science*, Volume 73, Issue 3, 2006, Pages 484-490, ISSN 0309-1740. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2006.01.009>

HAO MA, XUAN WANG, XIANG LI, YORIKO HEIANZA, LU QI. Adding Salt to Foods and Risk of Cardiovascular Disease. *JACC.* 2022 Dec, 80 (23) 2157–2167. <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2022.09.039>

HE, F. J.; MACGREGOR, G. A. Reducing population salt intake worldwide: from evidence to implementation. *Prog. Cardiovasc. Dis.* 2010; 52 (5) :363-82. DOI: [10.1016/j.pcad.2009.12.006](https://doi.org/10.1016/j.pcad.2009.12.006)

HOBBS, B. C.; ROBERT, D. Toxinfecções e controle higiênico-sanitário de alimentos. São Paulo: Livraria Varela, 1998. 376 p.

HOBBS, B. C.; ROBERTS, D. *Food poisoning and food hygiene*. 6. ed. London: Arnold, 1998.

HONIKEL, K.O. The use and control of nitrate and nitrite for the processing of meat products. *Meat Science*, v.78, p.68-76, 2008. <http://dx.doi.org/10.1016/j.meatsci.2007.05.030>

HONIKEL, K. O., Agentes de cura. Encyclopedia of Meat Sciences, Elsevier, Oxford, 195-201.2004.<http://dx.doi.org/10.1016/B0-12-464970-X/00080-5>

IBIAPINA, M. D. P.F.; CORINO DE MELO, ME; MENDONÇA, M. A.; LOPES DA SILVA, F; TONHÁ, M.S.; BOTELHO, R.B.A. Jerked beef: chemical composition and desalting techniques. *Foods*, Basel, v. 14, p. 3745, 2025. DOI: 10.3390/foods14213745.<https://doi.org/10.3390/foods14213745>

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Pesquisa de Orçamentos Familiares 2017–2018: primeiros resultados**. Rio de Janeiro: IBGE, 2019.<https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv101704.pdf>

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Pesquisa de Orçamentos Familiares 2008-2009: Avaliação nutricional da disponibilidade domiciliar de alimentos no Brasil. Rio de Janeiro: IBGE; 2010.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. *Métodos físico-químicos para análise de alimentos*. 4. ed. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008. <https://www.ial.sp.gov.br/ial/publicacoes/livros/metodos-fisico-quimicos-para-analise-de-alimentos>

ISHIHARA, Y. M.; MADRUGA, M. S. I Tenderness indicators in salted and dried meat: a review. Semina: *Ciências Agrárias*, Londrina, v. 34, n. 6, suplemento 2, p. 3721-3738, 2013. DOI: <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2013v34n6Supl2p3721>

JAY, J. M. **Microbiologia de alimentos**. 6. ed. Porto Alegre: Editora Artmed, 2005. 712p

JIN, S.K; MOON, S. S. Quality and shelf-life properties of ready-to-eat dry-cured ham slices under different packaging systems during storage. *Food Science of Animal Resources*, v. 44, 2024. DOI: <https://doi.org/10.5851/kosfa.2024.e71>.

JŮZL, M.; KALHOTKA, L.; KAMENÍK, J.; DUŠKOVÁ, M.; ONDRUCHOVÁ, S.; SLOVÁČEK, J. The Effect of Salt Reduction on Sensory, Physicochemical, and Microbial Quality in Selected Meat Products. *Foods* 2025, 14, 3150. <https://www.mdpi.com/2304-8158/14/18/3150>

KARWOWSKA, M.; KONONIUK, A.; WÓJCIAK, KM. Impact of sodium nitrite reduction on lipid oxidation and antioxidant properties of cooked meat products. *Antioxidants*, 9 (1), 9. <https://doi.org/10.3390/antiox9010009>

KARWOWSKA, M.; STADNIK, J.; WÓJCIAK, K. The effect of different levels of sodium nitrate on the physicochemical parameters and nutritional value of traditionally produced fermented loins. *Applied Sciences*, Basel, v. 11, n. 7, art. 2983, 2021. DOI: 10.3390/app11072983. <https://doi.org/10.3390/app11072983>

KAWABATA C.Y. Inovações Tecnológicas na Agroindústria da Carne: estudo de caso. *Revista Acadêmica: Ciência Animal* 6, 529- 532. 2008.

KAWABATA, C. Y.; SOARES, G. J. D.; SHIMOKOMAKI, M. Charque e jerked beef: evolução tecnológica e qualidade. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, Campinas, v. 28, p. 40–45, 2008.

KIM, M.; BAE, S. M.; YOO, Y.; PARK, J.; JEONG, J. Y. Clean-label strategies for the replacement of nitrite, ascorbate and phosphate in meat products: a review. *Foods*, v. 14, n. 14, art. 2442, 2025. DOI: <https://doi.org/10.3390/foods14142442>

KIM, T. K.; KIM, Y.B.; JEON, K. H.; JANG, H. W.; LEE, H. S.; CHOI, Y. S. Quality Characteristics of Samgyetang according to the Sodium Chloride Level and with/without Phosphate in Broth. *Food Sci. Anim. Resour.* 2019, 39, 102. DOI: [10.5851/kosfa.2019.e8](https://doi.org/10.5851/kosfa.2019.e8)

KIM, Tae-Kyung; YONG, Hae In; JUNG, Samooel; KIM, Hyun-Wook; CHOI, Yun-Sang. Technologies for the production of meat products with a low sodium chloride content and improved quality characteristics: a review. *Foods*, v. 10, art. 957, 2021. DOI: <https://doi.org/10.3390/foods10050957>

LAWRIE, R.A. *Ciência da carne*. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2005. p384. <https://www.scirp.org/reference/referencespapers?referenceid=243050>

LAWRIE, R. A.; LEDWARD, D. A. *Lawrie's meat science*. 7. ed. Cambridge: Woodhead Publishing, 2006. [Lawrie's meat science](https://doi.org/10.1080/00036810600591111)

LEE, H.C.; CHIN, K. B. Evaluation of various salt levels and different dairy proteins in combination with microbial transglutaminase on the quality characteristics of restructured pork ham. *Int. J. Food Sci. Technol.* 2011, 46, 1522–1528. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2621.2011.02654.x>

LEISTENER, L. Food design by hurdle technology and HACCP. Kulmbach: Albert Raps Foundation, 1994. 62p.<https://www.eolss.net/sample-chapters/c10/E5-10-04-12.pdf>

LEISTNER, L.; GORRIS, L.G.M. Food preservation by hurdle technology. *Food Science & Technology*, v.6, p.41-46, 1995.

LEITÃO, M.F.F. Microrganismos patogênicos na carne e derivados. Boletim do Ital, Campinas, v. 59, p. 15-48, 1978.

LIM, S. S.; VOS, T.; FLAXMAN, A. D. *et al.* A comparative risk assessment of burden of disease and injury attributable to 67 risk factors and risk factor clusters in 21 regions, 1990–2010: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2010.

The Lancet, London, v. 380, n. 9859, p. 2224–2260, 2012. DOI: [10.1016/S0140-6736\(12\)61766-8](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(12)61766-8)

LIU Y, GONG X, LI M, SI H, ZHOU Q, LIU X, FAN Y, ZHANG X, HAN J, GU S, DONG J. Effect of Osmotic Stress on the Growth, Development and Pathogenicity of *Setosphaeria turcica*. *Front Microbiol.* 2021 Jul 23; 12:706349. doi: 10.3389/fmicb.2021.706349. PMID: 34367108; PMCID: PMC8342955. doi: [10.3389/fmicb.2021.706349](https://doi.org/10.3389/fmicb.2021.706349)

LORENZO, J.M.; MUNEKATA, P.E.; DOMÍNGUEZ-VALENCIA, R.; PATEIRO, M.; SARAIVA, J.A.; FRANCO, D.J. Main Groups of Microorganisms of Relevance for Food Safety and Stability: General Aspects and Overall Description. In *Innovative Technologies for Food Preservation* (Eds: ...); Elsevier: Oxford, UK, 2018, pp. 53-107. DOI: [10.1016/B978-0-12-811031-7.00003-0](https://doi.org/10.1016/B978-0-12-811031-7.00003-0)

MADSEN, H.L.; SORENSEN, B.; SKIBSTED, L.H.; BERTELSEN, G. The Antioxidative Activity of Summer Savory (*Satureja hortensis* L.) and Rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.) in Dressing Stored Exposed to Light or in Darkness. *Food Chem.* 1998, 63, 173–180. [https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(98\)00025-6](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(98)00025-6)

MANCINI, R. A.; HUNT, M. C. Current research in meat color. *Meat Science*, Amsterdam, v. 71, n. 1, p. 100–121, 2005. DOI: 10.1016/j.meatsci.2005.03.003. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2005.03.003>

MARIUTTI, LILIAN R.B., BRAGAGNOLO, N. Influence of salt on lipid oxidation in meat and seafood products: A review. *Food Research International*, 2017. V. 94, P. 90-100, ISSN 0963-9969. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2017.02.003>

MARTÍNEZ-ALVAREZ O, Borderías J and Gómez-Guillén MC, Use of hydrogen peroxide and carbonate/bicarbonate buffer for soaking of bacalao (salted cod). *Eur Food Res Technol* **221**:226–

231,2005.[https://www.researchgate.net/publication/202992151\\_Use\\_of\\_hydrogen\\_peroxide\\_and\\_carbonatebicarbonate\\_buffer\\_for\\_soaking\\_of\\_bacalao\\_salted\\_cod](https://www.researchgate.net/publication/202992151_Use_of_hydrogen_peroxide_and_carbonatebicarbonate_buffer_for_soaking_of_bacalao_salted_cod)

MATHLOUTHI, Mohamed. Water content, water activity, water structure and the stability of foodstuffs. *Food Chemistry*, Oxford, v. 61, n. 1–2, p. 169–175, 2001.  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0956713501000329>

MELO FILHO, A.B.; BISCONTINI, T. M. B.; ANDRADE, S. A.C. Níveis de nitrito e nitrato em salsichas comercializadas na região metropolitana do Recife. *Ciênc. Tecnol. Aliment.*, Campinas, 24 (3): 390-392, jul.-set. 2004.  
<https://www.scielo.br/j/cta/a/QDXPC5pCmDG4DJCFgmG9npS/?format=pdf&lang=pt>

MILL, J. G., MALTA, D. C., MACHADO, Í. E., PATE, A., PEREIRA, C. A., JAIME, P. C. SZWARCOWALD, C. L., & ROSENFELD, L. G. Estimation of salt intake in the Brazilian population: results from the 2013 National Health Survey. *Revista brasileira de epidemiologia = Brazilian journal of epidemiology*. <https://doi.org/10.1590/1980-549720190009.supl>

MILL, J.G.; Malta, D.C.; Nilson, E.A.F.; Machado, I.E., Jaime, P.C.; Bernal, R.T.I.; Cardoso, L.S.M.; Szwarcwald, C.L. Factors Associated with Salt Intake in the Brazilian Adult Population: National Health Survey. *Ciênc. Saúde Colet.* 2021, 26 (2), 555–567.  
<https://doi.org/10.1590/1413-81232021262.37492020>

MOLINA, J. R.; MELIOS, S.; CROFTON, E.; FRÍAS, C. J; BOLTON, D.; BOTINESTEAN, C. Effects of nitrite level, packaging system and high-pressure processing treatment on physicochemical and sensory properties of cooked ham. *LWT*, v. 231, art. 118345, 2025.DOI:  
<https://doi.org/10.1016/j.lwt.2025.118345>

MOLINA-FILHO, L.; PEDRO, M. A. M.; TELIS-ROMERO, J.; BARBOZA, S. H. R. Influência da temperatura e da concentração do cloreto de sódio (NaCl) nas isotermas de sorção da carne de tambaqui (*Colossoma macroparum*). *Ciênc. Tecnol. Aliment.*, Campinas, v. 26, n. 2, P. 453-458, 2006. <https://doi.org/10.1590/S0101-20612006000200032>

MOLLER, J.K.S. SKIBSTED, L. H. Nitric oxide and myoglobins. *Chemical Reviews*, 2002.102, 1167-1178.DOI: [10.1021/cr000078y](https://doi.org/10.1021/cr000078y)

MOZAFFARIAN, D.; BENJAMIN, E. J.; GO, A. S. *et al.* American Heart Association Statistics Committee and Stroke Statistics Subcommittee. Heart disease and stroke statistics—2015: update a report from the American Heart Association. *Circulation*. 2015;131: e29-e322.

Erratum in: *Circulation*. 2016;133(8): e417. *Circulation*. 2015;131(24): e535. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25520374/>

MUÑOZ-GUERRERO, H.; GUTIÉRREZ, M. R.; VIDAL-BROTOS, D.; BARAT, J. M.; GRAS, M. L.; ALCAINA, M. I. Environmental management of the residual brine of cod desalting: quantification of mass transfer phenomena and determination of some parameters on the residual brine important for its treatment by membrane technology. *Journal of Food Engineering*, Amsterdam, v. 99, n. 4, p. 424–442, 2010. DOI: 10.1016/j.jfoodeng.2009.09.023. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2009.09.023>

NETO, P. A. da S. Carnes salgadas: origem, evolução e parâmetros de qualidade — uma revisão sistemática. *Research, Society and Development*, v. 10, n. 15, e51101522389, 2021. DOI: <https://doi.org/10.33448/rsd-v10i15.22389>

NILSON, E. A. F.; SPANIOL, A. M.; GONÇALVES, V. S. S.; MOURA, I.; SILVA, S. A.; L'ABBÉ, M.; JAIME, P. C. Sodium reduction in processed foods in Brazil: analysis of food categories and voluntary targets from 2011 to 2017. *Nutrients*, Basel, v. 9, n. 7, p. E742, 2017. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC5537856>

NILSON, E. A. F.; PEARSON-STUTTARD, J.; COLLINS, B.; GUZMAN-CASTILLO, M.; CAPEWELL, S.; O'FLAHERTY, M.; JAIME, P. C.; KYPRIDEMOS, C. Estimating the health and economic effects of the voluntary sodium reduction targets in Brazil: microsimulation analysis. *BMC Medicine*, v. 19, art. 225, 2021. DOI: 10.1186/s12916-021-02099-X. <https://link.springer.com/article/10.1186/s12916-021-02099-x>

NOLLET, LML (2000) *Manual de Análise de Água*. Marcel Dekker, Nova York. <https://www.sciencedirect.com/reference/361782>

OECD-FAO. Organisation for Economic Co-operation and Development; Food and Agriculture Organization of the United Nations. *Agricultural Outlook 2022–2031*. Paris: OECD Publishing; Rome: FAO, 2022. <https://doi.org/10.1787/f1b0b29c-en>

OLIVEIRA H, GONÇALVES A, NUNES ML, VAZ-PIRES P, COSTA R. Quality changes during cod (*Gadus morhua*) desalting at different temperatures. *J Sci Food Agric*. 2015 Oct;95(13):2632-40. doi: 10.1002/jsfa.6995. Epub 2014 Dec 11. PMID: 25378287. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25378287/>

PARDI, M. C., SANTOS, I. F. S., SOUZA, E. *Ciência, Higiene e Tecnologia da Carne*. 2. edição rev. Goiânia: Editora UFG, v. 2, 2001.

PEARCE KL, ROSENVOLD K, ANDERSEN HJ, HOPKINS DL. Water distribution and mobility in meat during the conversion of muscle to meat and ageing and the impacts on fresh meat quality attributes--a review. *Meat Sci.* 2011 Oct;89(2):111-24. DOI: [10.1016/j.meatsci.2011.04.007](https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2011.04.007)

PEDRO, S.; MAGALHÃES, N.; ALBUQUERQUE, M. M.; BATISTA, I.; NUNES, M. L.; BERNARDO. Preliminary observations on spoilage potential of flora from desalted cod (*Gadus morhua*). *Journal of Aquatic Food Product Technology*, v. 11, n. 3/4, p. 143–150, 2002.M. [https://www.researchgate.net/publication/233211018\\_Preliminary\\_Observations\\_on\\_Spoilage\\_Potential\\_of\\_Flora\\_from\\_Desalted\\_Cod\\_Gadus\\_morhua](https://www.researchgate.net/publication/233211018_Preliminary_Observations_on_Spoilage_Potential_of_Flora_from_Desalted_Cod_Gadus_morhua)

PEGG.R.B., SHAHIDI,F. Nitrite curing of meat. The N-nitrosamine problem and nitrite alternatives.Trumbull,CT: Food and Nutrition Press.Inc.2000.[https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=j9D9tgg5Nh8C&oi=fnd&pg=PP1&ots=hmHHCwrYWg&sig=tDWqrc\\_WzySJp\\_fUAtiUgoXhHDwI&redir\\_esc=y#v=onepage&q&f=false](https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=j9D9tgg5Nh8C&oi=fnd&pg=PP1&ots=hmHHCwrYWg&sig=tDWqrc_WzySJp_fUAtiUgoXhHDwI&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false)

PEREIRA PM, VICENTE AF. Meat nutritional composition and nutritive role in the human diet. *Meat Sci.* 2013 Mar;93(3):586-92. doi: 10.1016/j.meatsci.2012.09.018. Epub 2012 Oct 31. PMID: 23273468.<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23273468/>

PETIT, G.; JURY, V.; DE LAMBALLERIE, M.; DURANTON, F.; POTTIER, L.; MARTIN, J. L. Salt Intake from Processed Meat Products: Benefits, Risks and Evolving Practices. *Compr. Rev. Food Sci. Food Saf.* 2019, 18, 1453–1473. DOI: [10.1111/1541-4337.12478](https://doi.org/10.1111/1541-4337.12478)

PINTO, M. F.; PONSANO, E. H. G.; FRANCO, B. D. G. M.; SHIMOKOMAKI, M. Charque e sucedâneos são produtos cárneos obtidos por processos combinados (Hurdle Technology). *Revista Nacional da Carne*, v.17.n.195, p. 66-68, 1993. [https://www.researchgate.net/publication/51778080\\_Charqui\\_meats\\_as\\_fermented\\_meat\\_products\\_Role\\_of\\_bacteria\\_for\\_some\\_sensorial\\_properties\\_development](https://www.researchgate.net/publication/51778080_Charqui_meats_as_fermented_meat_products_Role_of_bacteria_for_some_sensorial_properties_development)

PINTO, M. F. *Culturas iniciadoras – starters – no processamento de jerked beef, um derivado do charque*. São Paulo, 1996, 93 p. Tese (Doutorado em ciência dos alimentos) – Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Universidade de São Paulo. <https://doi.org/10.1590/S0101-20611998000200011>

PINTO, M. F.; PONSANO, E. H. G. FRANCO, B. D. G. M.; SHIMOKOMAKI, M. Controle de *Staphylococcus aureus* em charques (*Jerked Beef*) por culturas iniciadoras. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, v. 18, n. 2, p. 200-204, 1998.<https://doi.org/10.1590/S0101-20611998000200011>

POWLES J, FAHIMI S, MICHA R, KHATIBZADEH S, SHI P, EZZATI M, ENGELL RE, LIM SS, DANAEI G, MOZAFFARIAN D; Global Burden of Diseases Nutrition and Chronic Diseases Expert Group (NutriCoDE). Global, regional and national sodium intakes in 1990

and 2010: a systematic analysis of 24 h urinary sodium excretion and dietary surveys worldwide. *BMJ Open*. 2013 Dec 23;3(12): e003733. doi: 10.1136/bmjopen-2013-003733. PMID: 24366578; PMCID: PMC3884590. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24366578/>

REINA, L. C.; TERAZZI, L. F. Analysis of the use and control of nitrite and sodium nitrate in the manufacturing of jerked beef: implications for food quality and safety. *Revista Interface Tecnológica, Taquaritinga*, v. 21, n. 2, p. 660–671, 2025. <https://doi.org/10.31510/infa.v21i2.2012>

RICARDO, C. Z.; SILVA, A. C. C.; et al. Adesão aos acordos voluntários de redução de sódio no Brasil. *Ciência & Saúde Coletiva*, Rio de Janeiro, v. 27, n. 2, p. 701–710, 2022. DOI: 10.1590/1413-81232022272.20442021. <https://doi.org/10.1590/1413-81232022272.45702020>

ROSA, E. A. A; MARTINS, M. A.; DALA-PAULA, B. M. Redução de sódio em alimentos processados: uma revisão narrativa da literatura. *Revista brasileira Tecnologia Agroindustrial*. Francisco Beltrão, v. 16, n. 2, p. 3912-3935, jul./dez. 2022. [https://www.researchgate.net/publication/364413384 Reduc%u00e3o de sodio em alimentos processados Uma revisao narrativa da literatura](https://www.researchgate.net/publication/364413384_Reduc%u00e3o_de_s%u00f3dio_em_alimentos_processados_Uma_revis%u00e3o_narrativa_da_literatura)

SABADINI, E; HUBINGER, M. D; SOBRAL, P. J do A, CARVALHO JÚNIOR, B. C. Alterações da atividade de água e da cor da carne no processo de elaboração da carne salgada desidratada. *Food Sci Technol*. 2001 Jan; 21(1):14–9. <https://www.scielo.br/j/cta/a/byfJBjFDYmpTzWJK8PqHNCJ/?format=html&lang=pt>

SALAZAR, J.M.; CALLE, J.; PEREIRA, S.; CORDERO, P.; MATOVELLE, C. Nitrite-Oxidizing Bacterial Strains Isolated from Soils of Andean Ecosystems and Their Potential Use in Nitrogen Reduction. *Sustainability* 2023, 15, 9277. <https://doi.org/10.3390/su15129277>

SAMPAIO, A.N.C.E.; CARON, E.F.F.; CÉZAR, C.K.C.; RAGHIANTE, F.; POSSEBON, F.S.; PEREIRA, J.G.; MARTINS, O.A. Understanding Lipid Oxidation in Dried Meat and Cured Dried Meat: Insights from Peroxide Index Analysis. *Food Science and Technology*, 2024, 44. <https://doi.org/10.5327/fst.00340>

SARNO, F., CLARO, R. M., LEVY, R. B., BANDONI, D. H., MONTEIRO, C. A. Estimativa de consumo de sodio pela populacao brasileira, 2008-2009 [Estimated sodium intake for the Brazilian population, 2008-2009]. *Revista de saude publica*, 47(3), 571–578. <https://doi.org/10.1590/S0034-8910.2013047004418>

SEABRA, L. S.; LEAL, I. L.; \* BARRETO, G. A.; OLIVEIRA, R. S.; SANTOS, V. S.; RODRIGUES, L. A. P. Development and Validation of Simultaneous Analysis of Sodium Nitrite and Nitrate in Sausage by Ion Chromatography. *Rev. Virtual Quim.*, 2020, 12 (4), 818-826. 2020. <http://rvq.s bq.org.br>

SEBRANEK, J. G.; BACUS, J. N. Cured meat products without direct addition of nitrate or nitrite: what are the issues? *Meat Science*, Amsterdam, v. 77, n. 1, p. 136–147, 2007. DOI: 10.1016/j.meatsci.2007.03.025. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC9654915/>

SHAKIL, M. H. *et al.* Nitrites in Cured Meats, Health Risk Issues, Alternatives to Nitrites: A Review. *Foods*. 2022 Oct 25;11(21):3355. doi: 10.3390/foods11213355. PMID: 36359973; PMCID: PMC9654915. <https://doi.org/10.3390/foods11213355>

SHENG S *et al.* Residual nitrite and nitrate in processed meats and meat analogues in the United States. *Sci Rep*. 2025 Jan 25;15(1):3269. doi: 10.1038/s41598-025-87563-x. PMID: 39863766; PMCID: PMC11763100. DOI: [10.1038/s41598-025-87563-x](https://doi.org/10.1038/s41598-025-87563-x)

SHIMOKOMAKI, M. FRANCO, B.D.G.M. BISCONTINI, T.M.; PINTO, M.F.; TERRA, N.N. ZORN, T.M.T. <https://acervodigital.unesp.br/handle/11449/65593?mode=full>. *Food Reviews International*, v.14, n. 4, p. 339-349, 1998. <https://acervodigital.unesp.br/handle/11449/65593?mode=full>

SILVA A. T. F., MESQUITA E. P., FILHO, L. B. F. Inovações tecnológicas no processamento do Jerked beef: Revisão. *PUBVET.*, v.12, n.12, a239, p.1-5, Dez., 2018. DOI: <https://doi.org/10.31533/pubvet.v12n12a239.1-5>

SOKRA, I., SOMALY, S., & LIKA, R. Meat storage and quality preservation: a comprehensive review of factors and technologies. *Journal of Agriculture and Technology*, 2(1), 61–65, nov 2026. <https://doi.org/10.6084/m9.figshare.30899603>

SOUSA, M. S.; TEIXEIRA, C. S. S.; SOUZA, J. C. COSTA, P. R. DE F.; ZANDONADI, R. P.; BOTELHO, RA. B. A.; HAN, H.; RAPOSO, A.; ARIZA-MONTES, A.; ARAYA-CASTILLO, L.; AKUTSU, R. C. C. A. Evaluation of the Effectiveness of Brazilian Community Restaurants for the Dimension of Low-Income People Access to Food. *Nutrients*, v. 13, p. 2671, 2021. <https://doi.org/10.3390/nu13082671>

STAMLER JS, MEISSNER G. Physiology of nitric oxide in skeletal muscle. *Physiol Rev*. 2001;81(1):209-237. doi:10.1152/physrev.2001.81.1.209. DOI: [10.1152/physrev.2001.81.1.209](https://doi.org/10.1152/physrev.2001.81.1.209)

SUMAN SP, JOSEPH P. Myoglobin chemistry and meat color. *Annu Rev Food Sci Technol*. 2013; 4:79-99. doi: 10.1146/annurev-food-030212-182623. Epub 2012 Nov 26. PMID: 23190143. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23190143/>

TAMM, A.; BOLUMAR, T.; BAJOVIC, B.; TOEPFL, S. Salt (NaCl) reduction in cooked ham by a combined approach of high-pressure treatment and the salt replacer KCl. *Innov. Food Sci. Emerg. Technol.* 2016, 36, 294–302.R.B.

[https://www.researchgate.net/publication/305112043\\_Salt\\_NaCl\\_reduction\\_in\\_cooked\\_ham\\_by\\_a\\_combined\\_approach\\_of\\_high\\_pressure\\_treatment\\_and\\_the\\_salt\\_replacer\\_KCl](https://www.researchgate.net/publication/305112043_Salt_NaCl_reduction_in_cooked_ham_by_a_combined_approach_of_high_pressure_treatment_and_the_salt_replacer_KCl)

TANG, Y.; GONG, C.; WANG, D.; RONG, H.; LI, H.; LIU, S.; ZHANG, Q.; MA, J.; CHEN, Y. Effects of Dry-Salting and Brine-Pickling Processes on the Physicochemical Properties, Nonvolatile Flavour Profiles and Bacterial Community during the Fermentation of Chinese Salted Radishes. *LWT* 2022, 157, 113084. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2022.113084>

TERRA, N. N. BRUM, A. R. M. Carne e seus derivados. Técnicas de Controle de Qualidade, 2002. <https://www.estantevirtual.com.br/busca/Carne%20e%20Seus%20Derivados%20T%C3%A9cnicas%20de%20Controle%20de%20Qualidade>

TOLDRÁ, F. Handbook of meat processing. 2. ed. Chichester: Wiley-Blackwell, 2021. [https://ubblab.weebly.com/uploads/4/7/4/6/47469791/handbook\\_of\\_meat\\_processing.pdf](https://ubblab.weebly.com/uploads/4/7/4/6/47469791/handbook_of_meat_processing.pdf)

TOLDRÁ, F. *Handbook of meat processing*. Ames: Wiley-Blackwell, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1002/9780813820897>

TOLDRÁ, F.; REIG, M. Innovations for healthier processed meats. *Trends in Food Science & Technology*, Oxford, v. 22, p. 517–522, 2011. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2011.08.007>

TOLDRÁ, Fidel (Ed.). *Lawrie's meat science*. Woodhead Publishing, 2022.

TOMPKIN, R. B. Nitrite. In P. M. Davidson, J. N. Sofos, & A. L. Branen (Eds.), *Antimicrobials in food* (3rd ed.). Boca Raton, FL: CRC Press, Taylor & Francis group, 2005. [https://www.researchgate.net/publication/329278524\\_Nitrite](https://www.researchgate.net/publication/329278524_Nitrite)

TSIKAS, Dimitrios. Analysis of nitrite and nitrate in biological fluids by assays based on the Griess reaction: appraisal of the Griess reaction in the L-arginine/nitric oxide area of research. *Journal of Chromatography B*, Amsterdam, v. 851, n. 1–2, p. 51–70, 2007. DOI: 10.1016/j.jchromb.2006.07.054. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16950667/>

TSIKAS, D.; BÖHMER, A.; MITSCHKE, A.; ARAUJO, P. Accurate measurement of nitrate, nitrite, and S-nitrosothiols in biological samples by mass spectrometry. *Free Radical Biology and Medicine*, Amsterdam, v. 65, p. 301–304, 2013. DOI: 10.1016/j.freeradbiomed.2013.07.010. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23867157/>

VASCONCELOS, S. M. L., VIEIRA, E. F. CHAGAS, N. P. M., SILVA, P. M. C., SANTOS, T. M. P. dos. Consumo de charque e técnicas de dessalga adotadas por uma população de

hipertensos da região nordeste do Brasil. *Revista de Nutrição*, v. 23, p. 823-830, 2010. <https://doi.org/10.1590/S1415-52732010000500012>

YANG, H., HWANG, Y., JOO, S. E PARK, G. The physicochemical and microbiological characteristics of pork jerky in comparison to beef jerky. *Meat Science* 2009, v 82, 289-294. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2009.01.029>

YAO TANG, GONG CHEN, DONGDONG WANG, RONG HU, HENG LI, SHULIANG LIU, QISHENG ZHANG, JIANYING MING, YUANLONG CHI. Effects of dry-salting and brine-pickling processes on the physicochemical properties, nonvolatile flavour profiles and bacterial community during the fermentation of Chinese salted radishes. *LWT*, Volume 157, 2022, 113084, ISSN 0023-6438. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2022.113084>. (<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0023643822000196>)

YIM, D. G., SHIN, D. J., JO, C., & NAM, K. C. (2020). Effect of Sodium-Alternative Curing Salts on Physicochemical Properties during Salami Manufacture. *Food science of animal resources*, 40(6), 946–956. <https://doi.org/10.5851/kosfa.2020.e65>

YOUSEF, E. Y.; ROCHA GARCIA, C. E.; SHIMOKOMAKI, M. Effect of salt on color and warmed-over flavor in charqui meat processing. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, v. 46, n. 4, p. 595–600, 2003. DOI: 10.1590/S1516-89132003000400014. <https://doi.org/10.1590/S1516-89132003000400014>

WANG, B.; PACE, R. D.; DESSAI, A. P. *et al.* Modified extraction method for determining 2-Thiobarbituric acid values in meat with increased specificity and simplicity. *Journal of Food Science*, v. 67, n. 8, p. 2833- 2836, 2002.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. A global brief on hypertension: silent killer, global public health crisis. Geneva: World Health Organization, 2013. <https://iris.who.int/handle/10665/79059>

Zhang M, Fu C, Chen M, Jin C. The Effect of Sodium Chloride on the Physicochemical and Textural Properties and Flavor Characteristics of Sous Vide Cooked Duck Meat. *Foods*. 2023; 12(18):3452. <https://doi.org/10.3390/foods12183452>

Zhao, D.; Qi, Y.; Zheng, Z.; Wang, Y.; Zhang, X.Y.; Li, H.J.; et al. Dietary Factors Associated with Hypertension. *Nat. Rev. Cardiol.* 2011, 8, 456–465. <https://doi.org/10.1038/nrcardio.2011.75>