

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

Kéllen de Mello da Silva

**SUBSTITUIÇÃO PARCIAL/TOTAL DOS ADITIVOS ALIMENTARES NITRATO E
NITRITO POR FONTES VEGETAIS E TECNOLOGIAS DE PROCESSAMENTO
EM SALSICHAS**

Buri
2023

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

Kéllen de Mello da Silva

**SUBSTITUIÇÃO PARCIAL/TOTAL DOS ADITIVOS ALIMENTARES NITRATO E
NITRITO POR FONTES VEGETAIS E TECNOLOGIAS DE PROCESSAMENTO
EM SALSICHAS**

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

Orientação: Profa. Dr^a. Miriam Mabel Selani

Buri
2023

Silva, Kéllen de Mello da

Substituição parcial/total dos aditivos alimentares nitrato e nitrito por fontes vegetais e tecnologias de processamento em salsichas / Kéllen de Mello da Silva -- 2023.
38f.

TCC (Graduação) - Universidade Federal de São Carlos,
campus Lagoa do Sino, Buri
Orientador (a): Miriam Mabel Selani
Banca Examinadora: Maria Aliciane Fontenele
Domingues, Edison Tutomu Kato Junior
Bibliografia

1. Produtos cárneos curados. 2. Sais de cura. 3. Extratos vegetais. I. Silva, Kéllen de Mello da. II. Título.

Ficha catalográfica desenvolvida pela Secretaria Geral de Informática
(SIn)

DADOS FORNECIDOS PELO AUTOR

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

KÉLLEN DE MELLO DA SILVA

SUBSTITUIÇÃO PARCIAL/TOTAL DOS ADITIVOS ALIMENTARES NITRATO E
NITRITO POR FONTES VEGETAIS E TECNOLOGIAS DE PROCESSAMENTO EM
SALSICHAS

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
como requisito parcial à obtenção do título de
Bacharel em Engenharia de Alimentos pela
Universidade Federal de São Carlos.

Aprovado em: 17/08/2023.

BANCA EXAMINADORA

Documento assinado digitalmente
 **MIRIAM MABEL SELANI**
Data: 25/08/2023 11:56:09-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Profª. Dra. Miriam Mabel Selani (Orientadora)
Universidade Federal de São Carlos (UFSCar) - CCN

Documento assinado digitalmente
 **MARIA ALICIANE FONTENELE DOMINGUES**
Data: 17/08/2023 18:02:50-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Profª. Dra. Maria Aliciane Fontenele Domingues
Universidade Federal de São Carlos (UFSCar) - DTAiSeR

Documento assinado digitalmente
 **EDISON TUTOMU KATO JUNIOR**
Data: 17/08/2023 18:09:45-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Edison Tutomu Kato Junior
Universidade Federal de São Carlos (UFSCar) - CCN

Dedico à minha mãe que proporcionou os meios para que eu tivesse um ensino de qualidade.

AGRADECIMENTO

Agradeço primeiramente a minha mãe Elisângela, a minha avó Vilma e minha irmã Ana Luiza, por me apoiarem e acompanharem durante todos esses anos de graduação.

As minhas amigas Ana Julia Rodrigues, Clarissa Munhoz, Ingrid Félix, Larissa Gonçalves e Rafaela Frasceto, pela amizade, companheirismo e histórias compartilhadas. A vocês minha eterna gratidão por terem vivido essa montanha russa de emoções que é a graduação, tenho certeza de que não teria chegado até aqui sem o apoio de vocês.

A minha professora orientadora Dr^a Miriam Mabel Selani, por ter me orientado durante toda a elaboração deste trabalho compartilhando seus conhecimentos. Agradeço também sua disponibilidade e ajuda, sem suas orientações nada disso seria possível.

A banca examinadora por ter aceitado o convite e pelo tempo dedicado na avaliação deste trabalho.

Ao *campus* Lagoa do Sino da Universidade Federal de São Carlos e seus docentes.

Agradeço a este ciclo que se encerra e pelas memórias que ficarão.

“A verdadeira motivação vem de realização, desenvolvimento pessoal, satisfação no trabalho e reconhecimento” (Frederick Herzberg).

RESUMO

SILVA, Kéllen de Mello da. **Substituição parcial/total dos aditivos alimentares nitrato e nitrito por fontes vegetais e tecnologias de processamento em salsichas**. 2023. Trabalho de Conclusão de Curso - Universidade Federal de São Carlos, *campus* Lagoa do Sino, Buri, 2023.

Os produtos cárneos curados comumente são vistos como maléficos à saúde pelos consumidores, devido ao seu alto conteúdo de gordura, sódio e aditivos sintéticos. Em sua composição há adição de sais de cura, conhecidos como nitrato e nitrito. Os sais de cura podem ser definidos como aditivos alimentares (AALIM), sendo aplicados em produtos cárneos com a finalidade de proporcionar efeitos na cor, sabor e odor, assim como de manter a qualidade microbiológica do produto. Estudos sobre possíveis substituições e reduções da aplicabilidade desses sais em produtos cárneos curados vem sendo desenvolvidos, em consequência de pesquisas que retratam o potencial efeito carcinogênico em humanos decorrente da ingestão desses produtos. A crescente demanda dos consumidores por alimentos contendo aditivos naturais/vegetais está relacionada com às preocupações com o possível risco à saúde decorrente do consumo desses sais de cura, onde o desafio para a indústria de carnes é oferecer alternativas eficazes que diminuam o nitrito residual, a partir de substituições parciais ou totais destes aditivos por fontes vegetais e tecnologias de processamento. Esta revisão de literatura traz possíveis alternativas para substituir nitrato e nitrito na fabricação de produtos cárneos curados, especificamente em salsichas.

Palavras- chave: Produtos cárneos curados. Sais de Cura. Extratos vegetais. Campo Elétrico Pulsado. Plasma Atmosférico.

ABSTRACT

Cured meat products are commonly seen as harmful to health by consumers due to their high content of fat, sodium, and synthetic additives. In their composition, there is the addition of curing salts, known as nitrate and nitrite. Curing salts can be defined as food additives, applied in meat products to provide effects on color, flavor, and odor, as well as to maintain the microbiological quality of the product. Studies exploring potential replacements and reductions in the applicability of these salts in cured meat products have been developed, because of research indicating the potential carcinogenic effect in humans resulting from the ingestion of these products. The growing consumer demand for food containing natural/vegetable additives is related to health risk concerns associated with the consumption of these curing salts, where the challenge for the meat industry is to offer effective alternatives that reduce residual nitrite, from partial or total replacements of these additives by vegetable sources and processing technologies. This literature review brings possible alternatives to replace nitrate and nitrite in the manufacture of cured meat products, specifically in sausages.

Keywords: Cured meat products. Curing Salts. Plant extracts. Pulsed Electric Field. Atmospheric Plasma.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
2 OBJETIVO	14
3 METODOLOGIA	14
4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	15
4.1 PRODUTOS CÁRNEOS CURADOS	15
4.1.1 Ingredientes de cura da carne	15
4.1.1.1 Sal	15
4.1.1.2 Açúcares	16
4.1.1.3 Nitrato e Nitrito	16
4.1.1.3.1 <i>Desenvolvimento de cor</i>	18
4.1.1.3.2 <i>Efeito Antimicrobiano</i>	19
4.1.1.3.3 <i>Formação de nitrosaminas e potencial cancerígeno</i>	20
4.2 SALSICHAS	21
4.2.1 Ingredientes	22
4.2.1.1 Carne.....	22
4.2.1.2 Água	23
4.2.1.3 Gordura.....	23
4.2.1.4 Aditivos	23
4.2.1.5 Cloreto de sódio.....	23
4.2.2 Processamento	24
4.3 SUBSTITUIÇÃO PARCIAL/TOTAL DOS SAIS DE CURA: FONTES VEGETAIS E TECNOLOGIAS DE PROCESSAMENTO	25
4.3.1 Alternativas a partir de fontes vegetais	25
4.3.1.1 Aipo em pó	26
4.3.1.2 Tomate em pasta e urucum em pó	27
4.3.1.3 Extratos de especiarias: sálvia, cravo e noz moscada.....	28

4.3.2 Alternativas de processamento	28
4.3.2.1 Campo elétrico pulsado (PEF).....	28
4.3.2.2 Plasma atmosférico (AP).....	29
4.4 CONSEQUÊNCIAS DA SUBSTITUIÇÃO PARCIAL/TOTAL DE NITRATO E NITRITO EM PRODUTOS CURADOS	30
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	32
REFERÊNCIAS	33

1 INTRODUÇÃO

A indústria de alimentos atua constantemente no desenvolvimento de novos produtos, com o intuito de atender as necessidades e preferências em constante evolução de seus consumidores, assegurando o crescimento e vantagem competitiva no setor. Com o passar dos anos, essas empresas adaptaram-se às tendências de mercado, oferecendo ao seu público-alvo inovações diante de suas escolhas por produtos mais saudáveis (Weiss *et al.*, 2010).

A crescente preocupação dos consumidores sobre o potencial impacto da alimentação na saúde também se tornou uma pauta nas indústrias de produtos cárneos, fazendo com que estes investissem em projetos de redução de gordura e sódio, na substituição de aditivos de sintéticos por naturais e na incorporação de novos ingredientes funcionais, com o objetivo de reduzir possíveis danos à saúde a partir da adaptação e melhoria em seu portfólio (Banovic *et al.*, 2016).

Dentre os tipos de produtos cárneos, encontram-se os denominados embutidos, os quais são elaborados a partir de carnes ou outros tecidos de animais, possuindo como envoltório natural tripas ou outras membranas animais ou artificiais. Apesar dos poucos dados estatísticos a respeito do consumo desses produtos, é possível verificar que o mercado de embutidos tem apresentado um desenvolvimento contínuo diante da variedade e oferta desses produtos nas gôndolas dos supermercados. Eles podem ser divididos em secos, cozidos, fermentados, frescos ou defumados, sendo uma alternativa rápida para o preparo e consumo (Benevides & Nassu, 2021).

No Brasil, os principais embutidos consumidos são linguiças, salaminhos, salames, paios, salsichões, salsichas, *blankets*, *pastramis*, chouriços, apresuntados e presuntos, que em seu processo de fabricação, passam pela etapa de cura da carne, que inclui a adição de sal, nitrito, nitrato, assim como outros ingredientes que possuem a finalidade de conferir cor, sabor e aroma ao produto (Benevides & Nassu, 2021).

Os produtos cárneos embutidos comumente são vistos como maléficos à saúde pelos consumidores, devido ao alto conteúdo de gordura, sódio e aditivos químicos. Além disso, em 2015, a Organização Mundial da Saúde (OMS) recomendou a redução do consumo de produtos cárneos processados, como linguiça, bacon, salsicha e presunto, devido à um possível maior risco no desenvolvimento do câncer, colocando a categoria como foco na mídia, o que consequentemente gerou insegurança e falta de compreensão do consumidor a respeito da importância dos produtos cárneos para a dieta (Cashman; Hayes, 2017).

Os aditivos apontados pela OMS com potencial carcinogênico no processamento de embutidos são os conservantes nitrito e nitrato. Estes são utilizados como sais de cura na indústria de carnes a fim de retardar as ações microbianas, prolongando o *shelf life* desses produtos. Os nitritos e nitratos também são responsáveis pela fixação da cor, desenvolvimento de sabor e aroma típicos de produtos curados e devem ser utilizados de acordo com as quantidades permitidas pela legislação (Iamarino *et. al.*, 2015).

Com enfoque nas salsichas e na tendência por saudabilidade, este trabalho apresenta possíveis substituições parciais/totais dos conservantes nitrito e nitrato, por fontes vegetais e processos tecnológicas, uma vez que a saudabilidade dos alimentos influencia na aceitabilidade e escolha dos consumidores, bem como na compra e beneficiamento econômico do setor.

2 OBJETIVO

Este estudo teve como finalidade realizar uma revisão de literatura sobre a substituição parcial/total dos conservantes nitrito e nitrato em salsichas, enfatizando a aplicação de compostos vegetais, assim como novas tecnologias que atuam na conservação do alimento e na redução de danos à saúde humana.

3 METODOLOGIA

O estudo realizou-se através do desenvolvimento de uma revisão bibliográfica abordando a aplicação de tecnologias e fontes vegetais, com enfoque na substituição parcial/total de nitritos e nitratos no produto cárneo curado denominado salsicha. Para a elaboração dessa pesquisa foram utilizadas bases de dados digitais, sendo estas Google Acadêmico, Science Direct, Web of Science, SciELO e Periódicos Capes. Durante as pesquisas foram empregues as terminologias “produto cárneo curado”, “nitrato e nitrito”, “salsicha”, “substitutos de nitrato e nitrito”, e seus respectivos termos em inglês, “cured meat product”, “nitrate and nitrite”, “sausage”, “nitrate and nitrite substitutes”. A busca bibliográfica ocorreu no período de maio a agosto de 2023.

4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

4.1 PRODUTOS CÁRNEOS CURADOS

O termo curado em relação às carnes processadas envolve a incorporação de nitrato e nitrito, sal e outros ingredientes à carne a fim de aumentar sua conservação (Pegg & Shahidi, 2000). Aplicado aos produtos cárneos, também possuem a finalidade de desenvolver aroma, cor, sabor e textura característicos (Vinagre; Castro; Hebbel, 1984). Embora vários ingredientes, incluindo açúcar, especiarias, fosfatos, entre outros, sejam adicionados aos produtos cárneos curados, é a adição de nitrato e/ou nitrito que resulta nas características distintas da carne curada (Cassens, 1990 *apud.*, Sebranek & Bacus, 2007).

O tipo de cura utilizado é determinado conforme o tamanho da peça, podendo ser seca, úmida ou mista (Benevides & Nassu, 2021). A cura a seco é aquela em que os sais são adicionados no estado sólido e as peças separadas pelos sais de cura são empilhadas. Na cura úmida, são utilizadas soluções salinas, como salmouras, que são injetadas no produto ou este é submerso na solução. Dependendo do tipo de conservante aplicado na cura e o tempo dedicado ao processo, esta pode ser classificada como lenta ou rápida. Na cura lenta, são adicionados sal, nitratos, nitritos e açúcar, como em presuntos crus e salames. Por outro lado, na cura rápida é adicionado nitrito como sal de cura, sendo aplicado às carnes para embutidos crus frescos, cozidos e presunto cozido (Vinagre; Castro; Hebbel, 1984).

Outra técnica aplicada em produtos curados é denominada cura em carnes trituradas, onde a incorporação dos agentes de cura na carne moída ocorre através da mistura direta, ou seja, os sais de cura são adicionados diretamente à carne, sem a preparação prévia de uma salmoura, por exemplo (Martin, 2001). Um exemplo de aplicação desse método de cura é o processamento de salsichas. O método de cura escolhido deve garantir a distribuição uniforme dos ingredientes, já que a má distribuição pode acarretar falhas que resultam em defeitos como, coloração desuniforme, ausência de estabilidade e até putrefação (Benevides & Nassu, 2021).

4.1.1 Ingredientes de cura da carne

4.1.1.1 Sal

Segundo Martin (2001), o sal é o ingrediente básico nas salmouras de cura e misturas secas e sem sua adição o processo de cura não aconteceria. Este ingrediente fornece um dos sabores característicos dos produtos cárneos curados, é essencial na solubilização das proteínas miofibrilares, melhora os rendimentos e influencia nas características de textura. Sua qualidade

tecnológica está atrelada ao nível de pureza, uma vez que impurezas como metais aceleram o desenvolvimento da oxidação lipídica e o desenvolvimento da rancidez em carnes curadas (Martin, 2001).

Outras funcionalidades do sal aplicado à cura de carnes é atuar como conservante e realçador de sabor. A conservação ocorre devido à três efeitos do sal: o primeiro é decorrente do aumento da pressão osmótica, onde a troca de sais por osmose através da membrana celular e a perda de água determinam uma plasmólise ou contração protoplasma celular; o segundo é proveniente da diminuição da atividade de água (A_w) da massa cárnea, onde os microrganismos deteriorantes são inibidos, tornando o meio mais seletivo para o crescimento de bactérias que contribuem para o desenvolvimento de aroma e sabor; e a terceira é o favorecimento da estabilidade do produto através da inibição de atividade enzimática da carne (Vinagre; Castro; Hebbel, 1984).

Em salmouras e misturas secas, a quantidade de sal utilizada pode variar significativamente. A aplicação de níveis elevados de sal torna o produto salgado, enquanto em níveis menores pode resultar na extração incompleta das proteínas. As salmouras de cura variam de 35° a 85° salinômetro, que é um hidrômetro graduado que mostra a extensão de saturação das salmouras (Roça, 2005).

4.1.1.2 Açúcares

Os açúcares atuam equilibrando o sabor acentuado do sal e promovem o enriquecimento do sabor. Alguns exemplos de açúcares comumente usados na formulação de salmouras para cura e misturas secas são sacarose, dextrose e xarope de milho. A sacarose em salmouras pode atuar como conservante, entretanto, esse efeito resultaria em carnes curadas muito doces, uma vez que os níveis de aplicação para atingir tal efeito teriam de ser elevados. A dextrose possui maior intensidade de dulçor (70%) quando comparada a sacarose, enquanto o xarope de milho é cerca de 42% mais doce que o açúcar de mesa (Rodrigues *et. al*, 2013).

4.1.1.3 Nitrato e Nitrito

O nitrato de sódio (NaNO_3) e nitrito de sódio (NaNO_2) são sais responsáveis pela produção de cor, aroma e sabor no produto curado, sendo classificados como aditivos alimentares (AALIM) com função conservante, impedindo ou retardando ações microbianas e protegendo o alimento da deterioração (Sebranek, 1979 *apud.*, Trentini & Macedo, 2019).

Historicamente, com o objetivo de preservar e ampliar o suprimento de carnes disponíveis, utilizou-se o sal como principal método de conservação. Constatou-se que as

impurezas de nitrato no sal levaram à uma coloração rosa-avermelhada nas carnes. Essa observação influenciou na adição direta de nitrato à carne, proporcionando uma cor mais uniforme (Shakil *et al.*, 2022).

Através de pesquisas foi descoberto que o nitrato era reduzido a nitrito pela degradação por bactérias, deduzindo-se, assim, que o nitrito era o verdadeiro responsável pela fixação da cor da carne curada, por meio da reação do nitrito com as proteínas solúveis em água (mioglobina e hemoglobina). Além de atuar como um agente de fixação da coloração da carne curada, o nitrito também funciona como um agente antibacteriano, retarda a progressão de rancidez oxidativa e tem grande influência no sabor dessas carnes (Martin, 2001).

A fim de obter o efeito desejado, é necessário utilizar o teor correto de sais de cura, uma vez que quantidade insuficiente ou ausência deles no alimento interfere diretamente em sua inocuidade e efeitos adversos à saúde (Oliveira, Araújo & Borgo, 2005). O método para a cura de carnes deve ser monitorado constantemente, com a finalidade de que os sais adicionados não ultrapassem o limite de nitrito residual no produto (Taormina, 2014) de acordo com a legislação brasileira vigente sobre o uso de aditivos alimentares (RDC 778, de 1º de março de 2023) (Brasil, 2023).

Segundo a Instrução Normativa nº 211, de 1º de março de 2023, para produtos cárneos processados industrializados cozidos, categoria que se inclui a salsicha, o limite máximo permitido de nitrito de sódio ou potássio é de 150 mg/kg e de nitrato de sódio ou potássio é 300 mg/kg, sendo que a soma dos nitritos e nitratos, determinados como quantidade máxima residual, não deve superar 150 mg/kg, expressa como nitrito de sódio (Brasil, 2023). A Tabela 1, apresenta os teores adicionados à formulação de embutidos cárneos curados, em função do propósito de aplicação.

Tabela 1 – Teor de sais de cura a serem incorporados ao produto cárneo curado em função do propósito de aplicação.

Propósito	Quantidade de sais de cura adicionados ao produto
Desenvolvimento de cor	30-50 mg/kg; Mínimo: 50 ppm
Desenvolvimento de aroma	20-40 mg/kg; Mínimo: 40 ppm
Incremento no tempo de conservação do alimento	80-150 mg/kg

O nitrito residual em carnes é consideravelmente menor em relação à quantidade de nitrito inicial adicionada ao produto, o que torna o controle do processo mais difícil. É possível medir analiticamente cerca de 10% a 20% de nitrito adicionado em carnes curadas de imediato após o processamento (Cassens, 1997).

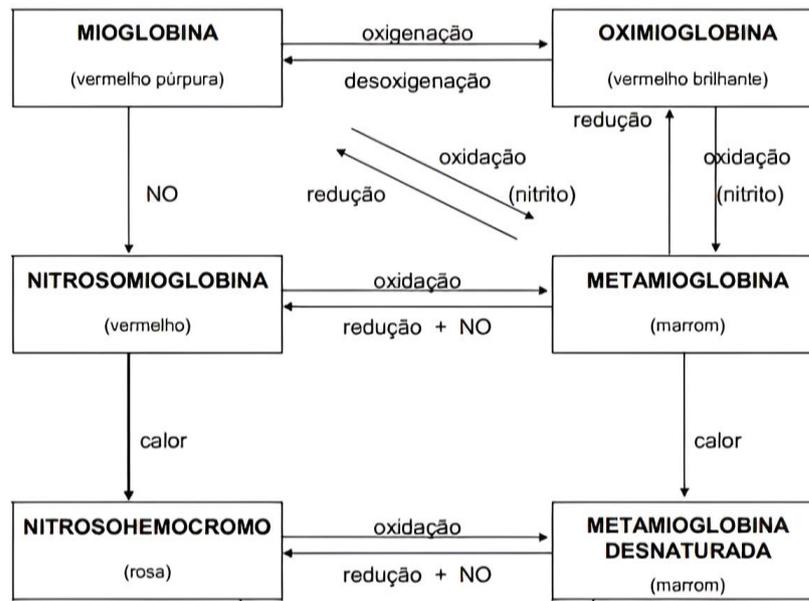
4.1.1.3.1 Desenvolvimento de cor

A cor característica dos produtos cárneos curados é proveniente das reações químicas entre os pigmentos da carne com o NaCl e os sais de cura. O nitrito é o principal agente no processo de desenvolvimento da cor vermelha/rósea de produtos cárneos curados, a qual é resultado de diversas etapas de reação até que a nitrosomioglobina (NOMB), responsável pela coloração do produto cru, seja formada (Honikel, 2008). A partir de condições redutoras, o nitrito é convertido em ácido nitroso, que conseqüentemente é reduzido a óxido nítrico (Ordóñez, 2005). O óxido nítrico formado se liga à mioglobina da carne sob condições em que o pH do meio é baixo (Lemos; Yamada; Haguiwara, 2008, Chasco; Lizaso; Beriain, 1996 *apud*. Benedicti, 2014).

A nitrosomioglobina apresenta uma coloração vermelho brilhante, característica de produtos cárneos curados crus. Entretanto, ao serem submetidos ao tratamento pelo calor, a mioglobina sofre desnaturação proteica, originando o pigmento de cor rosada, denominado nitrosohemocromo (Ordóñez, 2005). A quantidade de nitrosohemocromo formada dependerá de alguns fatores, como o teor inicial de nitrito, o potencial de oxirredução da carne e o pH do meio. A fixação da cor em produtos cárneos curados pela ação do calor é de grande importância tecnológica. Nesse processo, quanto maior for a quantidade de nitrito em um ambiente ácido, maior será a formação de óxido nítrico, aumentando a possibilidade de formação de nitrosohemocromo (Martín, 2001).

De maneira geral, o desenvolvimento da cor em produtos cárneos curados se dá pela oxidação da mioglobina pela ação de nitritos, acarretando a formação de metamioglobina, seguida do desdobramento de nitrito a óxido nítrico. Após a geração de óxido nítrico, este liga-se a metamioglobina, formando nitrosometamioglobina (substância intermediária), a qual é reduzida, originando a nitrosomioglobina. A nitrosomioglobina, após tratamento térmico, transforma-se em nitrosohemocromo (Figura 1), pigmento de coloração rosa, que apresenta estabilidade ao calor, porém instável à luz e oxidação (Honikel, 2008).

Figura 1 – Desenvolvimento da coloração da carne a partir das reações de cura



Fonte: Adaptado de Price & Schweigert (1994).

Assim, o processamento ao qual a carne é submetida, incluindo a adição de sais de cura, como nitrato e nitrito, pode afetar sua cor, uma vez que diferentes condições podem modificar o estado químico das mioglobinas (Ramos; Gomide, 2007).

4.1.1.3.2 Efeito Antimicrobiano

Durante o armazenamento, as carnes curadas se deterioram devido à descoloração, à rancidez oxidativa da gordura e por conta de mudanças microbianas. O nitrito pode inibir o crescimento de diversos microrganismos aeróbicos e anaeróbicos, atuando sozinho ou combinado com outros sais. Sua ação microbiana só é eficaz se ocorrer a conversão de nitrato a nitrito, uma vez que o nitrato não possui efeito antimicrobiano. Este aditivo é conhecido por controlar o botulismo e suprimir o crescimento de esporos de *Clostridium botulinum* em produtos cárneos curados, além de contribuir no controle, embora não na supressão, de vários outros patógenos, como *Listeria monocytogenes* sob condição de refrigeração (Sebranek *et al.*, 2012). Além de suprimir o crescimento de *C. botulinum*, o nitrito, de certa forma, também pode controlar *Bacillus cereus*, *Staphylococcus aureus* e *Clostridium perfringens* (Alahakoon *et al.*, 2015). Por outro lado, não é eficaz no controle de patógenos entéricos gram-negativos em alimentos processados (Toldrá, 2017).

O botulismo afeta humanos e animais, sendo considerado uma doença neurológica rara, causada pela ingestão de neurotoxina proteica termolábil produzida pelas células

vegetativas do microrganismo *C. botulinum*. A doença foi reconhecida mundialmente como uma doença transmitida por alimentos (DTA), resultado do consumo de uma variedade de alimentos, incluindo carnes enlatadas, legumes, frutas e peixes. O primeiro caso de botulismo foi relatado na Europa, noticiado como uma doença causada pelo consumo de produtos embutidos (Martin, 2001).

A inibição de *C. botulinum* por meio da adição de nitrito pode ocorrer através de alguns mecanismos, sendo estes: a formação de uma substância inibidora a partir do nitrito e outros componentes das carnes; a restrição do ferro ou outros metais essenciais para *C. botulinum* por nitrito, que interferem no metabolismo do organismo e/ou no sistema de reparo biológico; a reação do nitrito com as membranas celulares limitando as trocas metabólicas ou o transporte de substrato; e a ação de nitritos e intermediários como oxidante ou como redutor intracelular em enzimas ou ácidos nucleicos; (Vinagre; Castro; Hebbel, 1984).

4.1.1.3.3 Formação de nitrosaminas e potencial carcinogênico

O processo de cura apresenta diversas vantagens já mencionadas anteriormente, como desenvolvimento de cor, sabor e aromas característicos, assim como efeito antimicrobiano. Entretanto, diversos estudos questionam os potenciais riscos toxicológicos associados ao consumo de produtos curados. Tal preocupação está relacionada com a interação entre aminas secundárias e espécies nitrogenadas (NO e N₂O₃), que se originam do nitrito residual e acarretam a formação de N-nitrosaminas, substâncias com potencial carcinogênico, podendo estar associadas ao maior risco de desenvolvimento de câncer colorretal e de estômago (Bryan; Van Grinsven, 2013). A reação de formação de N-nitrosaminas a partir de aminas secundárias é representada pela Figura 2.

Figura 2 – N-nitrosaminas formadas a partir de aminas secundárias.



Fonte: Pegg; Shahidi (2000); Honikel (2008) *apud*. Scheeren, 2016.

Alguns fatores interferem na formação desses compostos, como a forma de cocção, a concentração de precursores de nitrosaminas, o teor de umidade, bem como a temperatura. As nitrosaminas são absorvidas pelo trato gastrointestinal (TGI) e pela pele (de forma mais lenta) (Iamarino *et al.*, 2015).

4.2 SALSICHAS

Segundo o Regulamento de Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal (RIISPOA), os produtos embutidos são aqueles cujo processamento é feito através da utilização de carnes ou órgãos comestíveis, curados ou não, condimentado, podendo ser cozido, defumado e dessecado, contendo como envoltório, tripas ou outras membranas animais (Guerreiro, 2022).

De acordo com a Instrução Normativa nº4, de 31 de março de 2000, a salsicha é “o produto cárneo industrializado, cozido, obtido da emulsão de carne, elaborado a partir de uma ou mais espécies de animais de açougue, adicionado de ingredientes, embutido em envoltório natural, artificial ou por processo de extrusão, submetida a um processo térmico adequado”. As salsichas podem possuir como processo alternativo as etapas de tingimento, defumação e utilização de recheios e molhos (Brasil, 2000).

A salsicha é um dos embutidos de maior popularidade mundial. Seu valor agregado a torna acessível às diferentes classes sociais, podendo ser apreciada de formas variadas por crianças, adultos e idosos, consumida em nível doméstico, bem como em redes de *fast food*, representando um segmento importante no setor de carnes processadas (Cesar *et al.*, 2011; Yotsuyanagi, 2014; Baka *et al.*, 2015).

Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) (2018), as salsichas têm se tornado cada vez mais presentes na alimentação dos brasileiros. Entre os anos de 2017-2018, através do inquérito nacional sobre alimentação, utilizando o registro 24 horas, verificou-se que o consumo de carne e produtos cárneos pelos brasileiros apresentou um percentual considerável. A Tabela 2 retrata a frequência de consumo alimentar, consumo alimentar de alguns produtos cárneos e suas preparações.

Tabela 2 - Frequência de consumo alimentar, consumo alimentar médio per capita e percentual do consumo fora do domicílio, por sexo, de alguns produtos cárneos e suas preparações.

Alimentos e preparações	Frequência do consumo alimentar (%)			Consumo alimentar médio per capita (g/dia)			Consumo fora do domicílio (% e, relação ao total consumido)		
	Total	Homem	Mulher	Total	Homem	Mulher	Total	Homem	Mulher
Carne Bovina	38,2	40,5	36,0	50,02	59,8	41,4	14,1	15,3	12,4
Carne Suína	6,7	7,5	6,0	15,8	20,2	11,9	10,7	11,7	9,3
Aves	30,8	30,9	30,7	47,4	53,8	41,6	10,8	11,8	9,7
Carnes Salgadas	1,9	1,9	1,8	2,5	2,7	2,3	5,4	6,5	4,1
Linguiça	5,8	5,8	5,8	3,9	4,3	3,5	9,7	9,0	10,4
Salsicha	1,6	1,6	1,6	1,1	1,2	0,9	11,4	13,9	8,4
Mortadela	1,7	2,2	1,4	0,6	0,8	0,4	3,9	4,0	3,8
Presunto	1,6	1,8	1,4	0,4	0,5	0,3	9,0	9,4	8,4
Outros frios e embutidos	0,8	0,9	0,7	0,3	0,4	0,3	13,3	9,8	17,9

Fonte: IBGE, 2018.

Com enfoque nas salsichas, esta representou 1,6% da frequência do consumo alimentar entre ambos os sexos, entretanto o consumo alimentar médio per capita total foi de 1,1 g/dia, sendo o consumo por pessoas do sexo masculino 0,3 g/dia maior quando comparado ao consumo por pessoas do sexo feminino. Por fim, o percentual consumido fora do domicílio foi de 11,4 %.

4.2.1 Ingredientes

Os ingredientes utilizados na produção de salsichas devem ser selecionados de acordo com as propriedades características que se deseja obter ao final do processamento.

4.2.1.1 Carne

Um dos principais ingredientes da formulação das salsichas é a carne, que deve apresentar boa qualidade microbiológica. Por ser um produto mais acessível, usualmente são utilizados cortes musculares com maior teor de tecido conjuntivo e gordura, aparas de carcaça e carne mecanicamente separada (CMS). As carnes com alto teor de proteína miofibrilar são aplicadas a fim de melhorar a capacidade de ligação, pois formam um gel durante a cocção. No processamento da salsicha também são utilizadas carnes que possuem pouca ou nenhuma capacidade de ligação, denominadas enchedoras e carnes de aves, mais baratas comparadas à carne bovina, ambas visando reduzir o custo do produto. Além disso, o uso de carne de aves atende a demanda por produtos com menos gordura (Xiong; Mikel, 2001). Entretanto, é importante ressaltar que na composição da salsicha, a adição de CMS de aves é permitida no

limite máximo de 60%, enquanto os demais ingredientes opcionais, como vísceras e miúdos comestíveis (coração, língua, rins, tendões, pele, miolos) possuem adição máxima de 10%, seguindo a legislação brasileira (Brasil, 2000).

4.2.1.2 Água

Na fabricação de salsichas a água auxilia na homogeneização dos ingredientes cárneos na emulsão. A água adicionada, melhora a maciez e a suculência da carne. Além disso, quando aplicada no estado sólido (gelo), auxilia na estabilidade da temperatura durante a emulsão (Yotsuyanagi, 2014).

4.2.1.3 Gordura

No processamento de salsichas pode-se utilizar como ingrediente opcional a gordura. Esta é inserida na formulação com a finalidade de melhorar o perfil sensorial do produto, sendo aplicada em proporções de 15-30%, em temperaturas abaixo de 4°C, por apresentar um perfil altamente perecível sob temperaturas elevadas. As gorduras utilizadas são as suínas, sendo o toucinho apreciado nesse tipo de produto por ter qualidade desejável, como textura firme, cor branca e ausência de cheiro (Batistella, 2008).

4.2.1.4 Aditivos

Os aditivos alimentares utilizados no processamento de salsichas são acidulantes, antioxidantes, conservantes, como o nitrito de sódio ou potássio, corantes e estabilizantes. Estes possuem aplicação opcional, e podem ser definidos como substâncias sem potencial nutritivo, adicionados intencionalmente ao alimento em pequenas quantidades, a fim de melhorar aspectos como sabor, textura, aparência e armazenamento (Guerreiro, 2022).

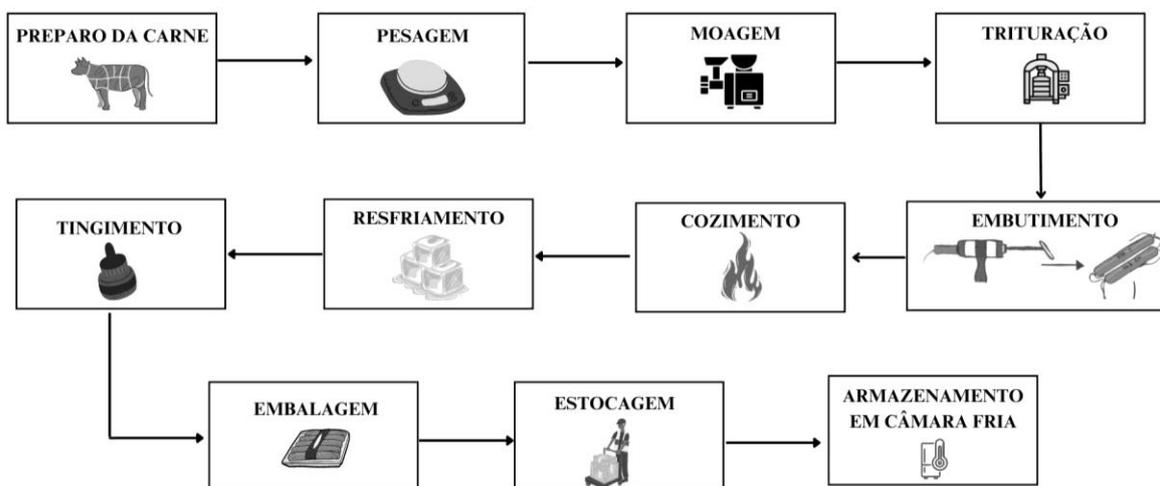
4.2.1.5 Cloreto de sódio

Um dos ingredientes principais na aplicação de produtos cárneos curados é o cloreto de sódio (NaCl). Este atua na textura, promovendo a solubilização de proteínas miofibrilares, que atuam como emulsificantes na formação da salsicha. O sal, em concentrações adequadas, inibe o crescimento microbiano, permitindo aumentar a vida útil dos produtos. Além disso, confere o gosto salgado, característico das salsichas (Batistella, 2008).

4.2.2 Processamento

O fluxograma do processo de fabricação de salsichas pode ser descrito pela Figura 3, onde as etapas ilustradas serão brevemente descritas.

Figura 3 - Fluxograma do processamento de salsichas



Fonte: Adaptado de Guerreiro, 2022.

Na etapa de preparação da carne, esta deve estar congelada em temperaturas entre -5°C e 2°C e sua adição é feita em cubos no *Cutter*. Após o preparo da carne, realiza-se a pesagem dos condimentos e aditivos de acordo com a formulação, que deve estar de acordo com a legislação, principalmente no caso de nitratos e nitritos. A etapa de moagem é responsável pela subdivisão da carne em partículas menores, que auxiliarão na homogeneização do produto e maior exposição das proteínas; esta etapa deve ser operada sob baixas temperaturas, pois auxiliará na obtenção de partículas geometricamente definidas, evitando o esmagamento da gordura, auxiliando no encapsulamento das partículas de gordura, beneficiando o processo de emulsão cárnea. Na etapa de trituração, os ingredientes devem ser adicionados no *Cutter* seguindo a ordem: carnes magras e metade dos sais de cura; metade da água/gelo; proteína de soja; gordura, restante dos sais de cura juntamente dos demais ingredientes; restante da água/gelo. Durante a emulsificação é importante que a temperatura do processo não fique acima de 12°C , para evitar a desnaturação das proteínas e perda das suas propriedades funcionais (Yotsuyanagi, 2014). Em seguida, a massa cárnea é embutida em tripas naturais ou artificiais, onde são torcidas, formando gomos de 9 a 12 cm, que são penduradas em prateleiras de aço inox. A salsicha embutida segue para a etapa de cozimento, que ocorre a uma temperatura entre

65 °C e 70 °C, com a finalidade de desenvolver as características típicas da salsicha, que envolvem cor, sabor e consistência (estabilização da mistura), além de promover a eliminação de microrganismos, melhorando a conservação. Após o cozimento, o produto é resfriado com água, a partir de jatos ou chuveiros, durante 5 minutos. Ao ser resfriada as salsichas passam pelo processo de tingimento, onde são imersas em 2% (g/v) de corante urucum à uma temperatura de 4 °C e em solução de ácido fosfórico 1,5% (v/v), a fim de neutralizar o pH e fixar a cor alaranjada-vermelha ao produto. Em seguida, as salsichas são embaladas à vácuo, colocadas em caixas de papelão e armazenadas em câmara fria a 10 °C. Ao final da embalagem, as caixas seguem para a estocagem em câmaras frigoríficas (Guerreiro, 2022).

4.3 SUBSTITUIÇÃO PARCIAL/TOTAL DOS SAIS DE CURA: FONTES VEGETAIS E TECNOLOGIAS DE PROCESSAMENTO

A tendência por substitutos vegetais de nitrato e nitrito, assim como novas tecnologias de processamento em produtos cárneos curados têm crescido, devido às implicações toxicológicas do nitrito/nitrato. Os pesquisadores da indústria alimentícia estão cada vez mais determinados a buscar e desenvolver alternativas para substituir total ou parcialmente estes aditivos em produtos cárneos (Alahakoon *et al.*, 2015).

A preocupação em desenvolver alternativas que substituam ou reduzam os sais de cura nesses produtos é significativa pela influência e preferências do consumidor por produtos cárneos com redução de nitrato e nitrito. Não obstante, as novas estratégias para a substituição de nitrito nestes produtos devem garantir a mesma segurança e manter os atributos sensoriais proporcionados pelos aditivos, o que torna os testes para substituição mais difíceis (Stoica, 2019).

4.3.1 Alternativas a partir de fontes vegetais

As plantas possuem elevados níveis de nitrato em sua composição, que atuam como nutrientes. Alguns estudos demonstraram que o teor de nitrato é diferente em cada uma das partes que as compõem, como, folha, caule e raiz, sendo que as partes florais apresentam menor quantidade de nitrato em comparação com as demais (Tamme; Reinik; Roasto, 2010). Os níveis de nitrato em vegetais dependem de fatores como, umidade, tipo de solo, tamanho do vegetal, espécie, temperatura e tempo de armazenamento; vegetais como, espinafre, salsa, repolho e nabo possuem uma quantidade elevada de nitrato. Entretanto, métodos de preparo, como a cocção, reduzem o teor em cerca de 75% (Correia *et al.*, 2010). A Tabela 3 demonstra o acúmulo de nitratos em alguns vegetais.

Tabela 3 – Acúmulo de nitrato em vegetais.

Teor de nitrato expresso em mg/kg de peso fresco	Tipo de Vegetal
>2500	agrião, alface, rúcula, espinafre, aipo
de 1000 a <2500	salsa, repolho chinês, endívia, alho-poró
de 500 a <1000	couve lombarda, repolho, nabo
de 200 a <500	pepino, abóbora, brócolis, cenoura
<200	tomate, cebola, berinjela, cogumelo, aspargo, batata, tomate

Fonte: Adaptado de Schullehner *et al.* 2018.

As condições nas quais os vegetais são armazenados afeta o teor de nitrato, ou seja, em más condições (ausência de refrigeração por longos períodos) ocorre o aumento de nitrito devido à ação de bactérias que convertem nitrato em nitrito. Condições como escassez ou ausência de luz e altas temperaturas durante o cultivo acarretam a inativação da enzima nitrato redutase, e com isto, não ocorre a conversão de nitrato em nitrito, e conseqüentemente se tem um acúmulo de nitrato nesses vegetais (Ranasinghe; Marapana, 2018).

A aplicação de fontes vegetais como aipo em pó, tomate em pasta, urucum em pó e extratos de especiarias como sálvia, cravo e noz moscada serão apresentados neste tópico.

4.3.1.1 Aipo em pó

O aipo em pó é considerado uma fonte vegetal de nitrato. Ele é frequentemente utilizado como substituto a esse aditivo em produtos cárneos processados, pois não confere sabor indesejável por ser um ingrediente compatível com a formulação deste produto (Sebranel; Bacus, 2007). Estudos consideram que o aipo em pó contém de 10.000 a 15.000 ppm de nitrato de sódio, porém, sua adição em carne processada é usualmente limitada a 0,2 até 0,4% do peso da formulação, pois em níveis superiores resultaria em sabores residuais desagradáveis (Sindelar *et al.*, 2010).

Este vegetal, quando aplicado em produtos cárneos, pode ser combinado com uma cultura bacteriana. A redução do nitrato a nitrito durante o processo de fabricação mantendo as propriedades típicas dos produtos curados, ocorre devido a combinação de nitrato com a cultura bacteriana (Sindelar *et al.*, 2007). A aplicação apenas de aipo em pó não daria ao produto cárneo curado as mesmas características provenientes do uso de nitrito, mesmo possuindo uma quantidade significativa de nitrato. Sendo assim, é imprescindível que este seja utilizado juntamente com uma cultura bacteriana (Alahakoon, 2015).

4.3.1.2 Tomate em pasta e urucum em pó

Deda, Bloukas e Fista (2007), realizaram um estudo que examinou parâmetros de qualidade de salsichas produzidas com diferentes níveis de nitrito de sódio e adição de tomate em pasta. As salsichas que continham de 50 a 100 ppm de nitrito combinado com 12% de tomate em pasta, apresentaram uma pigmentação mais avermelhada. Além disso, salsichas produzidas com 12% de pasta de tomate, resultaram em produtos com menores níveis residuais de nitrito comparadas às salsichas controle (150 mg/kg nitrito). O percentual de tomate em pasta adicionado pode resultar na redução de 150 ppm para 100 ppm de nitrito em salsichas, sem causar efeitos negativos ao produto (Deda; Bloukas; Fista, 2007).

A adição deste substituto também pode retardar a reação de oxidação lipídica em salsichas, devido à presença de carotenoides, como o licopeno, que apresenta atividade antioxidante. Além disso, quanto maior a quantidade de pasta de tomate adicionada, maior a pigmentação da cor vermelha neste produto, atuando como corante natural (Eyiler; Oztan, 2011). Outros estudos que avaliaram a aplicabilidade de ingredientes à base de tomate em produtos cárneos descreveram menores teores de nitrito e melhorias das qualidades sensoriais dos produtos, incluindo cor e odor (Yilmaz; Simsek; Isiki, 2002).

Uma alternativa a partir de fontes vegetais também aplicada às salsichas é o urucum (*Bixa orellana L.*) em pó. Em estudo de Zarringhalami, Sahari e Hamidi-Esfehani (2009), 20%, 40%, 60%, 80% e 100% de nitrito foram substituídos por urucum em pó em salsichas. De acordo com os autores, a amostra com 60% de substituição do nitrito por urucum foi a que apresentou a melhor coloração (maior intensidade de cor vermelha) e não se diferenciou da formulação controle quanto à contaminação microbiana. Além disso, essas duas formulações foram inoculadas com esporos de *Clostridium perfringens* e após 7 dias não foi verificada nenhuma germinação de esporos, o que mostra o efeito antimicrobiano do urucum.

4.3.1.3 Extratos de especiarias: sálvia, cravo e noz moscada

A utilização de combinações de nitrito de sódio com extratos de especiarias pode auxiliar no controle de *C. botulinum* em produtos cárneos curados. No estudo realizado por Cui, Gabriel e Nakano (2010), foram estudadas especiarias como sálvia, cravo e noz moscada, onde constatou-se que a sálvia atua como inibidora de *C. botulinum*, enquanto o cravo e a noz moscada inativam o microrganismo. A eficácia combinada dos extratos no controle do *C. botulinum* pode ser útil no desenvolvimento de produtos cárneos, em particular aqueles que apresentam teores mais baixos de nitrito. Os extratos sozinhos não oferecem todas as propriedades típicas de produtos cárneos curados. Sendo assim, sua aplicação deve ser combinada à certa quantidade de nitrito (Cui; Gabriel; Nakano, 2010).

4.3.2 Alternativas de processamento

A tendência pela aplicação de novas tecnologias no processamento de alimentos tem chamado a atenção de pesquisadores devido à crescente demanda por qualidade nutricional e sensorial de produtos alimentícios por parte dos consumidores. Alguns exemplos de novas alternativas para o processamento de carnes curadas é a aplicação de campo elétrico pulsado ou PEF (sigla proveniente do inglês “*pulsed electric field*”), e a técnica de plasma atmosférico ou AP (sigla proveniente do inglês “*atmospheric plasma*”).

4.3.2.1 Campo elétrico pulsado (PEF)

O campo elétrico pulsado é considerado uma electrotecnologia não térmica, que possui potencial para inativação de células microbianas em diferentes tipos de alimentos, devido a ação de electroporabilidade da membrana plasmática, sem alteração de valor nutricional e qualidades sensoriais do produto. A electroporabilidade ou eletroporação é uma técnica microbiológica a partir da aplicação de campo elétrico nas células, a fim de aumentar a permeabilidade da membrana celular (Buchmann *et al.*, 2019).

A interação dessa tecnologia com as células de tecidos animais e vegetais, fibras musculares e matrizes alimentares, ocorre por meio do contato do material biológico posicionado entre dois eletrodos, os quais enviam pulsos elétricos curtos de alta intensidade que provocam a electroporabilidade irreversível da membrana plasmática (Gómez *et al.*, 2019). Para que a ação seja irreversível em células microbianas, o campo elétrico encontra-se na faixa de 12 a 20 kV/cm (Kotnik *et al.*, 2015).

Diversos fatores devem ser considerados para que haja uma aplicação bem-sucedida da PEF, que consistem em fatores biológicos, propriedades físico-químicas, parâmetros de processo e elétricos. Alguns dos fatores biológicos são, tamanho, forma, densidade e posição da célula; as propriedades físico-químicas baseiam-se na condutividade, pH e força iônica; parâmetros de processo como distância entre os eletrodos durante a aplicação; e os parâmetros elétricos que consistem na amplitude, forma, frequência e quantidade de pulsos elétricos (Rocha *et al.*, 2018).

Em carnes, a eletroporação ocorre através de forças de campo elétrico de 1 a 10 kV/cm, entretanto, existem poucos estudos que abordam a eficiência dessa tecnologia em produtos cárneos processados. Um estudo realizado por Bhat *et al.* (2020), descreve um possível potencial na redução de sódio de produtos cárneos, provenientes da potencialização da difusão de sal, permitindo a elaboração de carnes mais saudáveis e com baixo teor de sódio. A capacidade de aumentar a difusão de sal, reduziria a adição de aditivos, como nitrito, em produtos cárneos curados, assim como o tempo do processo de cura. Além disso, o PEF não interfere na coloração e estabilidade microbiológica desses produtos, pois durante as pesquisas verificou-se um aumento da pigmentação vermelha imediatamente após a aplicação de campo elétrico pulsado (Bhat *et al.*, 2020).

4.3.2.2 Plasma atmosférico (AP)

O plasma atmosférico é considerado uma tecnologia emergente, que vem sendo estudada com a finalidade de substituir a adição de nitrito em carnes curadas. O AP é gerado através de uma tensão elétrica a partir de gases em condições atmosféricas ou sob baixa pressão, produzindo gás ionizado contendo espécies reativas de nitrogênio. Esse gás ionizado só será formado se o gás de alimentação contiver nitrogênio. Um exemplo é a produção a partir da molécula adjacente à da água (contida no alimento) que pode reagir com o nitrogênio, formando NO_3 e NO_2 em produtos como vegetais, massa cárnea e salmoura. Os testes realizados com AP também buscaram avaliar o seu potencial no desenvolvimento da cor característica de produtos cárneos curados sem adição de nitrito (Cheng; Chen; Sun, 2021).

Kim *et al.* (2021) realizaram um estudo a partir da combinação de AP com uma mistura de cebola em pó e clara de ovo, que objetivou verificar e avaliar a eficiência do nitrito a partir de fontes vegetais a fim de substituir NaNO_2 em embutidos cárneos. A mistura aplicada às salsichas, juntamente com a tecnologia de plasma atmosférico, apresentou resultados similares aos observados utilizando nitrito de fontes inorgânicas, sem promover alterações nos parâmetros de cor. Os autores constaram que a aplicação de cebola em pó com clara de ovo

juntamente com o tratamento de AP, pode ser uma alternativa para a substituição do nitrito, sem comprometer as características do produto cárneo. Entretanto, outros estudos devem ser realizados com o objetivo de investigar a segurança dos alimentos tratados com plasma (Kim *et al.*, 2021).

4.4 CONSEQUÊNCIAS DA SUBSTITUIÇÃO PARCIAL/TOTAL DE NITRATO E NITRITO EM PRODUTOS CURADOS

O nitrito, adicionado diretamente ou produzido a partir do nitrato, é um aditivo único e característico da carne curada. Com isto, mudanças significativas de processo e produto são necessárias para produzir carnes processadas mais saudáveis e que forneçam aos consumidores as propriedades esperadas desses produtos. Essas mudanças, combinadas com os requisitos de rotulagem, podem resultar em uma categoria de carnes processadas incompreensível e até mesmo enganosa para os consumidores, visto que mesmo proveniente de fontes vegetais, essas substâncias correspondem ao nitrato e nitrito. Além disso, devido ao papel essencial que o nitrito desempenha na qualidade e segurança da carne curada, as substituições nesses produtos precisariam ser cuidadosamente controladas, assim como seu processamento, considerando questões regulatórias, de fabricação, marketing, qualidade e segurança (Sebranek; Bacus, 2007).

Com o objetivo de alcançar as características típicas da carne curada (cor, sabor, aroma, ação antimicrobiana), no mínimo 50 ppm de nitrito precisam ser convertidos a partir de nitrato de fontes vegetais durante o processamento de produtos cárneos. A preservação dessas características a longo prazo, ainda é um conteúdo que necessita de mais pesquisas, uma vez que é de conhecimento que a partir do esgotamento do nitrito da carne curada ocorre descoloração e mudanças no sabor (Cassens, 1997).

A fim de manter as propriedades típicas da carne curada durante o armazenamento prolongado do produto, é necessário que haja uma quantidade de nitrito residual. A embalagem e as condições ambientais como, temperatura e exposição à luz, são críticas no quesito de manter sua qualidade a partir da redução de nitrito residual. A problemática da produção de carnes processadas que utilizam fontes vegetais de nitrato é que não se sabe exatamente a quantidade de nitrito formado, devido à dificuldade de medição, proveniente da rápida reação do nitrito com os compostos da carne (Kanner & Juven, 1980; Moller & Skibsted, 2002).

A quantidade de nitrito residual detectável nestes produtos é significativa, porém, muitas vezes é menor do que a encontrada em produtos curados com nitrito, considerando as condições de processamento. Por outro lado, a reação do nitrito significa que as carnes curadas

contêm um grupo diversificado de compostos modificadores do nitrito que ainda podem ser usados como fontes criativas de óxido nítrico. Portanto, a segurança microbiana de carnes processadas produzidas a partir de fontes vegetais de nitrato é mais difícil de avaliar sem estudos microbiológicos prévios (Sebranek; Bacus, 2007).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base nos dados apresentados ao decorrer deste estudo, a respeito dos produtos cárneos curados, com enfoque em salsichas, nota-se a importância dos aditivos alimentares, nitrato e nitrito, no processo de cura, os quais são responsáveis por desenvolver cor, odor e sabor característico desejado pelo consumidor, além da ação antimicrobiana. Entretanto, ao longo dos anos, diante das tendências de mercado e a busca por produtos mais saudáveis, a indústria de alimentos vêm trabalhando em projetos que atendam as necessidades de seus consumidores. Alguns estudos constataram que o nitrito residual apresenta um potencial carcinogênico devido a formação de nitrosaminas, com isto, a busca por produtos que apresentam redução ou nenhuma aplicação desses sais de cura tende a aumentar por parte do consumidor.

A salsicha é um produto economicamente viável, tendo um preparo e aplicabilidade diversos, sendo consumida em domicílio, na merenda de escolas, em *fast food*, entre outros. Porém, diversas notícias são divulgadas através dos meios de comunicação sobre as implicações à saúde causadas pelo seu consumo. Sendo assim, o investimento em pesquisas que desenvolvam alternativas que substituam esses aditivos mostra-se viável. As alternativas de fontes vegetais e de processamento descritas apresentaram resultados positivos diante das pesquisas, entretanto, ainda não existe um único substituto que possa fornecer todas as funções do nitrato, assim como não se sabe o nitrito residual gerado a partir de fontes vegetais. Além disso, deve-se considerar alguns pontos como, qual seria o custo dessa substituição; se afetaria o valor de compra nas gôndolas dos supermercados; os consumidores estariam dispostos a pagar o valor agregado; qual seria o impacto na mudança de rotulagem por parte dos consumidores.

Portanto, conclui-se que mais estudos são necessários para confirmar a segurança desses compostos e/ou tecnologias na saúde humana antes da implementação na indústria de alimentos.

REFERÊNCIAS

- ALAHAKOON, A.U.; JAYASENA, D. D.; RAMACHANDRA, S.; JO, C. Alternatives to nitrite in processed meat: up to date. **Trends in Food Science & Technology**, v. 45, p. 37 - 49. 2015.
- BAKA, M.; NORIEGA, E.; TSAKALI, E.; VAN IMPE, J. F. Influence of composition and processing of Frankfurter sausages on the growth dynamics of *Listeria monocytogenes* under vacuum. **Food Research International**, v. 70, p. 94-100, 2015.
- BANOVIC, M.; KRYSTALLIS, A.; GUERRERO, L.; REINDERS, M. J. Consumers as co-creators of new product ideas: An application of projective and creative research techniques. **Food Research International**, v. 87, p. 211-223. 2016.
- BATTISTELLA, P. M. D. **Análise de Sobrevivência Aplicada à Estimativa da Vida de Prateleira de Salsichas**. 2008. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) - Universidade Federal de Santa Catarina, Santa Catarina, 2008.
- BEDALE, J.; SINDELAR, J. J.; MILKOWSKI, A. L. Dietary nitrate and nitrite: Benefits, risks, and evolving perceptions. **Meat Science**, v. 120, p. 85–92. 2016.
- BENEVIDES, S. D.; NASSU, R. T. **Produtos Cárneos**. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA). 2021. Disponível em: <embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/criacoes/ovinos-de-corte/pos-producao/produtos/produtos-carneos>. Acesso em: 31 jul. 2023.
- BHAT, Z. F.; Morton, J. D.; Mason, S. L.; Bekhit, A. E. D. A. The application of pulsed electric field as a sodium reducing strategy for meat products. **Food Chemistry**, v. 306, p. 125622–125628. 2020.
- BRASIL. Ministério da Agricultura e do Abastecimento. 2000. **Instrução Normativa nº 4, de 31 de março de 2000**. Brasília, Ministério da Agricultura, Pecuário e Abastecimento. Disponível em: <<https://www.defesa.agricultura.sp.gov.br/legislacoes/instrucao-normativa-sda-4-de-31-03-2000,662.html>>. Acesso em: 30 jul. 2023.
- BRASIL. Ministério de Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Instrução Normativa nº 211, de 1º de março de 2023**. Brasília: Ministério da Saúde. Disponível em: <http://antigo.anvisa.gov.br/documents/10181/6561857/IN_211_2023_.pdf/108ca468-25bb-4d32-9e6b-3d96e4858140>. Acesso em: 31 jul. 2023.
- BRASIL. Ministério de Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Resolução da diretoria colegiada nº 778, de 1º de março de 2023**. Brasília: Ministério da Saúde. Disponível em: <http://antigo.anvisa.gov.br/documents/10181/6561857/RDC_778_2023_.pdf/a89bb838-62e4-4471-a28f-ff28e3e97241>. Acesso em: 31 jul. 2023.
- BRYAN, N. S.; IVY, J. L. Inorganic nitrite and nitrate: evidence to support consideration as dietary nutrients. **Nutrition Research**, v. 35, p. 643–654. 2015.
- BRYAN, N. S.; VAN GRINSVEN, H. The role of nitrate in human health. **Advances in Agronomy**, v. 119, p. 153-182, 2013.

BUCHMANN, L.; FREY, W.; GUSBETH, C.; RAVAYNIA, P. S.; MATHYSA, A. Effect of nanosecond pulsed electric field treatment on cell proliferation of microalgae. **Bioresource Technology**, v. 271, p. 402–408. 2019.

CASHMAN, K. D.; HAYES, A. Red meat's role in addressing “nutrients of public health concern”. **Meat Science**. v. 132, p. 196-203. 2017.

CASSENS, R. G. Residual nitrite in cured meat. **Food Technology**, n.º 51 (2), p. 53-55. 1997. In: SEBRANEK, J. G; BACUS, J. N. Cured meat products without direct addition of nitrate or nitrite: what are the issues? 2007.

CASSENS, R.G. Nitrite-Cured Meat. **Food and Nutrition Press**, Inc. Trumbull, CT. 1990. In: SEBRANEK, J.; BACUS, J. Natural and Organic Cured Meat Products: Regulatory, Manufacturing, Marketing, Quality and Safety Issues. American Meat Science Association White Paper Series. Number 1. 2007.

CASSENS, R.G. Composition and safety of cured meats in the USA. **Food Chemistry** v. 59, p. 561-566. 1997.

CESAR, A. P. R.; MESQUITA, A. J. de; PRADO, C. S.; NUNES, I. A.; ALMEIDA FILHO, E. S. de. *Listeria spp.* e *Listeria monocytogenes* na produção de salsichas tipo hot dog. **Ciência Animal Brasileira / Brazilian Animal Science**, v. 12, n. 2, p. 339–352, 2011.

CHASCO, J.; LIZASO, G.; BERIAIN, M. J. Cured Colour Development during Sausage Processing. **Meat Science**. v. 44, p. 203-211, 1996. In: BENEDICTI, C. M. Produção de linguiça frescal (toscana) através de cura natural com extrato de aipo (*Apium Graveolens*). p. 61. Tecnologia em Alimentos, Universidade Federal do Paraná – UTFPR Campus Campo Mourão, 2014.

CHENG, J.-H.; CHEN, Y. Q.; SUN, D.W. Effects of plasma activated solution on the colour and structure of metmyoglobin and oxymyoglobin. **Food Chemistry**, v. 353, p. 129433. 2021.

CORREIA, M. Contribution of different vegetable types to exogenous nitrate and nitrite exposure. **Food Chemistry**, v. 120, p. 960-966, 2010.

CORREIA, M.; BARROSO, Â.; BARROSO, M.F.; SOARES, D.; OLIVEIRA, M.B.P.P.; DELERUE-MATOS, C. Contribution of different vegetable types to exogenous nitrate and nitrite exposure. **Food Chemistry**. v. 120, p. 960–966. 2010.

CUI, H.; GABRIEL, A. A.; NAKANO, H. Antimicrobial efficacies of plant extracts and sodium nitrite against *Clostridium botulinum*. **Food Control**, v. 21 (7), p. 1030-1036. 2010.

DEDA, M.S.; BLOUKAS, J.G.; FISTA, G.A. Effect of tomato paste and nitrite level on processing and quality characteristics of frankfurters. **Meat Science**, v. 76 (3), p. 501-508. 2007.

DOEL, J. J.; HECTOR, M. P.; AMIRTHAM, C. V.; AI-ANZAN, L. A.; BENJAMIN, N.; ALLAKER, R. P. Protective effect of salivary nitrate and microbial nitrate reductase activity against caries. [article]. **European Journal of Oral Sciences**, v. 112 (5), p. 424–428. 2004.

EYILER, E.; OZTAN, A. Production of frankfurters with tomato powder as a natural additive. **LWT – Food Science and Technology**, v. 44 (1), p. 307-311. 2011.

GÓMEZ, B.; MUNEKATA, P. E. S.; GAVAHIAN, M.; BARBA, F. J.; MARTÍ-QUIJAL, F. J.; BOLUMAR, T.; CEZAR, P.; CAMPAGNOL, B.; TOMASEVIC, I.; LORENZO, J. M. Application of pulsed electric fields in meat and fish processing industries: An overview. **Food Research International**, v. 123, p. 95–105. 2019.

GUERREIRO, L. **Produção de Salsicha**. Dossiê Técnico – Serviço Brasileiro de Respostas Técnicas (SBRT). Rede de Tecnologia do Rio de Janeiro - REDETEC. 2022.

HALDANE, J. The red color of salted meat. **The Journal of Hygiene** v. 1, p. 115–122. 1901.

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.

IAMARINO, L. Z.; OLIVEIRA, M. C.; ANTUNES, M. M.; OLIVEIRA, M.; RODRIGUES, R. O.; ZANIN, C. I. C. B.; SCHIMILE, M.; LIMA, A. A. Nitritos e Nitratos em Produtos Carneos Enlatados e/ou Embutidos. Unisepe. **Gestão em Foco**, Edição nº: 07/Ano: 2015.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Coordenação de trabalho e rendimento. **Pesquisas de orçamentos familiares 2017-2018**. Rio de Janeiro: IBGE. 2018.

KANNER, J; JUVEN, B. J. S-nitrosocysteine as an antioxidant, color-developing and anticlostridial agent in comminuted turkey meat. **Journal of Food Science**, v. 45, p. 1105-1108. 1980.

KIM, J. W.; LEE, H. J.; SHIN, D. J.; BAEK, K. H.; YONG, H. I.; JUNG, S.; JO, C. (2021). Enrichment of nitrite in onion powder using atmospheric pressure plasma and egg whites for meat curing. **LWT - Food Science and Technology**, v. 135, p. 110050.

KOTNIK, T.; FREY, W.; SACK, M.; HABERL MEGLIČ, S.; PETERKA, M.; MIKLAVČIČ, D. Electroporation-based applications in biotechnology. **Trends in Biotechnology**, v. 33(8), p. 480–488. 2015.

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

MARTIN, M. Meat Curing Technology. **Bryan Foods**, Inc., West Point, Mississippi. 2001.

MCKNIGHT, G. M.; SMITH, L. M.; DRUMMOND, R. S.; DUNCAN, C. W.; GOLDEN, M.; BENJAMIN, N. **Chemical synthesis of nitric oxide in the stomach from dietary nitrate in humans**. [article]. *Gut*, v. 40(2), p. 211–214. 1997.

MCNALLY, B.; GRIFFIN, J. L.; ROBERTS, L. D. Dietary inorganic nitrate: from villain to hero in metabolic disease? **Molecular Nutrition & Food Research**. 2015.

MIDIO, A. F.; MARTINS, D. I. **Toxicologia de Alimentos**. São Paulo: Ed. Varela, p. 295. 2000.

MOLLER, J. K. S.; SKIBSTED, L. H. Nitric oxide and myoglobins. **Chemical Reviews**, v. 102, p. 1167-1178. 2002.

MONACO, C. **The Effects of Dietary Nitrate Supplementation on Contractile Function and Mitochondrial Bioenergetics in the Heart**. University of Guelph, 2016.

OLIVEIRA, M. J.; ARAÚJO, W. M. C.; BORGIO, L. A. Quantificação de nitrato e nitrito em linguças do tipo frescal. **Ciência e Tecnologia dos Alimentos**, v. 25 (4), p. 736-742. 2005.

ORDÓÑEZ, J.A. **Tecnologia de Alimentos: Alimentos de origem animal**. V. 2. Porto Alegre: Artmed, 2005.

PEGG, R.B.; SHAHIDI. Nitrite Curing of Meat. The N-Nitrosamine Problem and Nitrite alternatives. **Food and Nutrition Press**, Inc., Trumbull, CT. 2000.

PRICE, M. C.; SCHWEIGERT, B. S. Ciencia de la carne e de los productos cárnicos. Espanha: **Ed. Acribia**, p. 581. 1994.

RAMOS, E. M.; GOMIDE, L. A. de M. **Avaliação da qualidade de carnes: 9 fundamentos e metodologias**. Viçosa: Ed. da UFV, p. 599, 2007.

RANASINGHE, R.; MARAPANA, R. Nitrate and nitrite content of vegetables: A review. **J. Pharmacogn. Phytochem.** v. 7, p. 322–328. 2018.

ROÇA, R. O. **Cura de carnes**. Departamento de Gestão e Tecnologia Agroindustrial. F.C.A. - UNESP - Campus de Botucatu. 2005.

ROCHA, C. M. R.; GENISHEVA, Z.; FERREIRA-SANTOS, P.; RODRIGUES, R.; VICENTE, A. A.; TEIXEIRA, J. A.; PEREIRA, R. N. Electric field-based technologies for valorization of bioresources. **Bioresource Technology**, v. 254, p. 325–339. 2018.

RODRIGUES, F. S.; PASSOS, A. L. P.; PICOLO, B. U.; PEREIRA, B. B. **Aditivos alimentares conceitos, aplicações e toxicidade**. Monte Carmelo, MG: Editora FUCAMP, 2013.

SCHULLEHNER, J.; HANSEN, B.; THYGESEN, M.; PEDERSEN, C.B.; SIGSGAARD, T. Nitrate in drinking water and colorectal cancer risk: A nationwide population-based cohort study. **Int. J. Cancer**, v. 143, p. 73–79. 2018.

SEBRANEK, J. G; BACUS, J. N. Cured meat products without direct addition of nitrate or nitrite: what are the issues? In: **Meat Science**, v. 77, n.º 1, p.136-147. 2007.

SEBRANEK, J. G. Advances in the technology of nitrite use and consideration of alternatives. **Food Technology**, v. 33, p. 58–62. 1979. In: TRENTINI, E. M.; MACEDO, R. E. F. Uso de

nitrato e nitrito de sódio em produto cárneo frescal: uma abordagem científica. *Braz. J. Technol Curitiba*, v. 2, n.º 4, p. 1017–1041, oct. /dec. 2019.

SEBRANEK, J.G.; DAVIS, J. A. L.; MYERS, K. L.; LAVIERI, N. A. Beyond celery and starter culture: advances in natural/organic curing processes in the United States. *Meat Science* v. 92, p. 267–273. 2012.

SGARBIERI, V. C. **Alimentação e Nutrição - Fator de Saúde e Desenvolvimento**. São Paulo: Editora UNICAMP, p. 387. 1987.

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*, v. 11(21). 2022.

SINDELAR, J. J.; CORDRAY, J.C.; SEBRANEK, J. G.; LOVE, J.A.; AHN, D.U. Effects of varying levels of vegetable juice powder and incubation time on color, residual nitrate and nitrite, pigment, pH, and trained sensory attributes of ready-to-eat uncured ham. *Journal of Food Science*, v. 72, p. 388-395. 2007.

SINDELAR, J. J.; TERNS, M.J.; MEYN, E.; BOLES, J.A. Development of a method to manufacture uncured, no-nitrate/nitrite-added whole muscle jerky. *Meat Science*, v. 86, p. 298-303. 2010.

SPIEGELHALDER, B.; EISENBRAND, G.; PREUSSMANN, R. Influence of Dietary Nitrate on Nitrite Content of Human Saliva - Possible Relevance to in vivo formation of N-Nitroso Compounds. [article]. *Food and Cosmetics Toxicology*, v. 14(6), p. 545–548. 1976.

TAMME, T.; REINIK, M.; ROASTO, M. Nitrates and nitrites in vegetables: Occurrence and health risks. In: *Bioactive Foods in Promoting Health: Fruits and Vegetables*, 1st ed.; Watson, R.R., Preddy, V.R., Eds.; **Elsevier Inc.**, p. 307–321. 2010.

TAORMINA, P. J. Meat and Poultry: Curing Meat. **Encyclopedia of Food Microbiology** (Second Edition), v. 2, p. 501-507. 2014.

TOLDRÁ, F. **Chapter 9: The Storage and Preservation of Meat: III - Meat Processing**. Instituto de Agroquímica y Tecnología de Alimentos (CSIC), Valencia, Spain. 2017.

VINAGRE, J.; CASTRO, E.; HEBBEL, H. S. VI El Proceso Del Curado En Productos Cárnicos. In: *Carne y Productos Cárnicos su Tecnología y Análisis*. **Fundación Chile**. 1984.

WEISS, J.; GIBIS.; SCHUH, V.; SALMINEN, H. Advances in ingredient and processing systems for meat and meat products. *Meat Science*. v. 86, n.º 1, p. 196-213. 2010.

XIONG, Y. L.; MIKEL, W.B. Meat and Meat Products. In: HUI, Y. H., NIP, W. K.; ROGERS, R.W.; YOUNG, O. A. **Meat Science and Applications**. New York: Marcel Dekker, p. 351-370. 2001.

YILMAZ, I.; SIMSEK, O.; ISIKI, M. Fatty acid composition and quality characteristics of low-fat cooked sausages made with beef and chicken meat, tomato juice and sunflower oil. **Meat Science**, v. 62 (2), p. 253-258. 2002.

YOTSUYANAGI, S. E. **Impactos tecnológicos, sensoriais e microbiológicos da redução do teor de sódio em salsicha**. 140 f. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” – Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2014.

ZARRINGHALAMI, S.; SAHARI, M.A.; HAMIDI-ESFEHANI, Z. Partial replacement of nitrite by annatto as a color additive in sausage. **Meat Science**, v. 81, p. 281-284. 2009.