



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS HUMANAS, SOCIAIS E AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM TECNOLOGIA
AGROALIMENTAR

**POTENCIAL DOS PÓS DE BETERRABA (*Beta vulgaris* L.) E
RÚCULA (*Eruca sativa* L.) COMO SUBSTITUTOS AO
NITRITO DE SÓDIO NA CURA DO SALAME TIPO ITALIANO**

Maria de Fátima Clementino dos Santos

Bacharela em Agroindústria

Bananeiras, 2024



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS HUMANAS, SOCIAIS E AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM TECNOLOGIA
AGROALIMENTAR**

**POTENCIAL DOS PÓS DE BETERRABA (*Beta vulgaris* L.) E
RÚCULA (*Eruca sativa* L.) COMO SUBSTITUTOS AO
NITRITO DE SÓDIO NA CURA DO SALAME TIPO ITALIANO**

Maria de Fátima Clementino dos Santos

Orientador: Prof. Dr. Fábio Anderson Pereira da Silva

Co-orientadora: Dr.^a Valquíria Cardoso da Silva Ferreira

Dissertação apresentada ao Centro de Ciências Humanas, Sociais e Agrárias, campus III da UFPB, como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em Tecnologia Agroalimentar.

Bananeiras, 2024

Catálogo na publicação
Seção de Catalogação e Classificação

S237p Santos, Maria de Fatima Clementino dos.
Potencial dos pós de beterraba (*beta vulgaris* l.) e rúcula (*eruca sativa* l.) como substitutos ao nitrito de sódio na cura do salame tipo italiano / Maria de Fatima Clementino dos Santos. - Bananeiras, 2024.
88 f. : il.

Orientação: Fábio Anderson Pereira da Silva.
Coorientação: Valquíria Cardoso da Silva Ferreira.
Dissertação (Mestrado) - UFPB/CCHSA.

1. Pós-vegetais. 2. Nitrito. 3. Nitrato. 4. Culturas starter. I. Silva, Fábio Anderson Pereira da. II. Ferreira, Valquíria Cardoso da Silva. III. Título.

UFPB/BC

CDU 63(043.3)

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

Eu, Maria de Fátima Clementino dos Santos, brasileira, solteira, natural da cidade de Bananeiras-PB, nascida no dia 13 de maio de 1996. Conclui o curso técnico em Agroindústria pelo Colégio Agrícola Vidal de Negreiros- CAVN, no qual estagiei no Laboratório de Desenvolvimento de Produtos e Análise Sensorial. Possuo grau de Bacharela em Agroindústria pelo Centro de Ciências Humanas, Sociais e Agrárias da Universidade Federal da Paraíba - Campus Bananeiras. Trabalhei com o ensino de química através de práticas pedagógicas utilizando os alimentos. Durante o curso, participei de programas de tutoria, monitorias e PROBEX, nos quais trabalhei com o ensino de química e suas relações com os alimentos no cotidiano.

Dedico este trabalho a Deus, pois sem Ele nada sou. Aos meus pais, Pedro Evangelista dos Santos e Maria de Lourdes Clementino, por todo o incentivo que sempre me deram. E ao meu irmão, Antônio Clementino dos Santos.

AGRADECIMENTOS

À Deus, pois como está escrito em João 15:5, “sem mim nada podeis fazer”, desta forma, se cheguei até aqui foi em razão dEle ter estado comigo durante a jornada, guiando cada passo e ajudando-me a atravessar cada obstáculo. Apesar de nem tudo ser como esperamos, sabemos que a vida é assim como está escrito em João 16:33, “no mundo tereis aflições, mas tende bom ânimo eu venci o mundo”.

À minha Nossa Senhora, minha mãe do céu, que jamais me abandonou em meio as aflições, sempre intercedendo por mim, junto ao seu filho Jesus, me fortaleceu dia após dia para continuar e não desistir. E como não agradecer ao seu esposo, São José, meu santo de devoção, que em meio a tantas dificuldades sempre atendeu os meus chamados, e como “canal de graças” concedeu-me vitórias inquantificáveis em meio a tantas batalhas. Não consigo sequer calcular todas as caronas que foram intermediadas por São José sempre que precisei me deslocar pela universidade, muitas vezes saí do laboratório faltando poucos minutos para perder o horário do almoço, mas eu sabia que o suporte do céu estava garantido, era só pedir a São José: logo a carona aparecia.

Aos meus pais, Pedro Evangelista dos Santos e Maria de Lourdes Clementino, que me apoiam de uma forma tão maravilhosa e que sempre estão me dando os melhores conselhos, para que eu possa me superar a cada dia, sem eles eu não teria chegado até aqui.

Aos meus familiares: minha prima, Maria das Graças Clementino dos Santos, meus tios, Antônio Francisco dos Santos e Ivonete Santos de Fontes e ao meu irmão, Antônio Clementino dos Santos, pois todos eles foram importantíssimos para que eu chegasse até aqui.

Ao meu orientador, Dr. Fábio Anderson Pereira da Silva. Agradeço imensamente por todos os ensinamentos, paciência e dedicação. Obrigada por além de ser um orientador muito responsável ser também um ser humano cheio de humildade, que sempre nos incentiva a melhorar a cada dia.

À minha Co-orientadora, Dr.^a Valquíria Cardoso da Silva Ferreira, agradeço por todos os conhecimentos compartilhados e por todo suporte durante a pesquisa.

Obrigada por me receber em seu local de trabalho de forma tão maravilhosa, que me fez sentir em casa. Sua alegria contagiante e sua humildade torna tudo mais leve.

Ao meu amigo, José Narciso Francisco da Silva Filho, por toda a ajuda durante a pesquisa, por todos os momentos felizes que compartilhados e pelo incentivo que forneceu quando me encorajou a realizar a inscrição para o mestrado. Sua participação foi essencial para que eu chegasse até aqui.

À minha amiga, Michele Santos Oliveira, que com a sua alegria contagiante tornou os meus dias no laboratório mais felizes. Obrigada por toda a ajuda durante a pesquisa e por tudo que compartilhamos juntas, desde momentos de aflições até os momentos mais alegres.

À professora Iris Braz da Silva Araújo, por todos os ensinamentos transmitidos durante as aulas e por todas as contribuições para a minha dissertação.

Ao professor Sthelio Braga da Fonseca, por todos os conhecimentos transmitidos em suas aulas maravilhosas, e por ter aceito contribuir com a minha dissertação ao participar da minha banca examinadora.

À Miriane Moreira Fernandes Santos, por toda a gentileza e conhecimentos transmitidos quando estivemos juntas no laboratório e por ter aceito o convite para contribuir com a dissertação na função de examinadora.

Aos membros do meu grupo de pesquisa, e em especial Isabelly, Elen, Halley e Gabrielle por toda ajuda durante a pesquisa.

À José Evangelista pelo suporte oferecido e por toda a ajuda no laboratório. Gratidão.

À toda a minha turma do mestrado, em especial a Maíra, Patrícia e Charlene.

A todos os professores queridos, que contribuíram com a minha jornada acadêmica. Agradeço de modo especial aos professores, Bruno Raniere Lins de Albuquerque Meireles, Emmanuel Moreira Pereira, Amanda Marília da Silva Santana, Solange de Sousa e Max Rocha Quirino.

Agradeço a Suzyanne Regis Nogueira, que no ano de 2016, quando eu ainda cursava o ensino técnico, me recebeu no Laboratório de Desenvolvimento de Produtos e Análise Sensorial e compartilhou seus conhecimentos comigo, e me ensinou como escrever as minhas primeiras linhas de um texto científico.

Agradeço ao Sr. Rinaldo Ferreira Dantas, do Laboratório de Pesquisa e Desenvolvimento de Produtos Cárneos por toda gentileza e suporte para a produção dos produtos referentes a minha pesquisa.

Agradeço a Ricardo Miguel de Oliveira, técnico do Laboratório de Físico-Química de Alimentos, por todo suporte fornecido todas as vezes que precisei e por toda gentileza com que trata a todos.

A todos os funcionários e alunos que compõem o PPGTA pelo apoio e compreensão. Agradeço imensamente a todos que participaram dessa jornada de forma direta ou indireta.

À Universidade Federal da Paraíba, *Campus III Bananeiras* – PB, que me deu toda assistência para que eu pudesse concluir meu curso. Um *campus* maravilhoso com pessoas maravilhosas. Tenho muito orgulho dele ser localizado na cidade em que nasci.

Muitíssimo obrigada a todos!

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	14
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	16
2.1 Aditivos alimentares na indústria da carne.....	16
2.1.2 Considerações sobre a segurança e regulamentação dos aditivos alimentares	20
2.1.3 Nitrito e nitrato: Funções e aplicações do nitrito e nitrato na indústria de alimentos	21
2.1.4 Efeitos do nitrito na qualidade e segurança de produtos cárneos curados.....	22
2.1.5 Questões relacionadas à saúde associadas ao consumo de nitrito e nitrato.....	25
2.2 Produtos cárneos curados.....	27
2.2.1 Definição e características dos produtos cárneos curados.....	27
2.2.2 Processo de fermentação e maturação e sua importância na qualidade dos produtos cárneos.....	29
2.3 Vantagens e desvantagens do uso de nitrato e nitrito em produtos cárneos curados.....	31
2.4 Considerações sobre as tendências e demandas do mercado por produtos cárneos com fontes alternativas de nitrito.....	32
2.4.1 Beterraba como fonte de nitrito e nitrato em produtos cárneos	36
2.4.2 Rúcula como fonte de nitrito e nitrato em produtos cárneos.....	42
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	45
3.1 Delineamento experimental.....	45
3.1.1 Local experimental e obtenção das matérias-primas.....	47
3.1.2 Parâmetros colorimétricos, nitrito e nitrato dos pós de beterraba e rúcula.....	48
3.1.3 Processo de fabricação dos salames	49
3.1.4 Análises realizadas no salame durante o processamento	51
3.1.5 Determinação dos parâmetros físico-químicos e oxidação lipídica dos salames	51
3.1.6 Parâmetros colorimétricos dos salames	52
3.1.7 Perda de peso dos salames tipo italiano durante o processamento	52
3.1.8 Determinação de nitrito e nitrato residual nos salames	53
3.1.9 Determinação do teor de pigmento nitroso, pigmentos totais e eficiência de cura nos salames.....	53
3.1.10 Análise de eletroforese SDS-PAGE.....	54

3.1.11	Análise estatística dos dados	55
4.	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	55
4.1	Caracterização dos pós de beterraba e rúcula.....	55
4.2	Perda de peso, parâmetros colorimétricos (L*, a*, b*), pH e Aa dos salames durante a processamento.....	57
4.3	Conteúdo de nitrito residual e nitrato dos salames durante o processamento.....	61
4.4	Conteúdo de pigmentos totais, nitrosos e eficiência de cura dos salames durante o processamento.....	63
4.5	Oxidação lipídica (TBARs) dos salames durante o processamento.....	66
4.6	Análise de eletroforese SDS-PAGE	67
4.7	Análise multivariada dos componentes principais e correlação de Pearson dos salames durante o processamento.....	69
4.8	Caracterização do produto final.....	71
5.	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	72
6.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	74

POTENCIAL DOS PÓS DE BETERRABA (*Beta vulgaris* L.) E RÚCULA (*Eruca sativa* L.) COMO SUBSTITUTOS AO NITRITO DE SÓDIO NA CURA DO SALAME TIPO ITALIANO

RESUMO – o nitrito de sódio (NaNO_2) é um dos principais agentes de cura utilizados na indústria da carne, sendo responsável pelo desenvolvimento de atributos sensoriais únicos, segurança microbiológica e manutenção da qualidade dos produtos curados. Entretanto, o uso de NaNO_2 na cura de carnes tem sido associado à formação de compostos N-nitrosos, os quais podem desencadear anomalias e estresse celular, ocasionando prejuízos à saúde. A beterraba e a rúcula apresentam elevadas concentrações de nitrato que podem ser convertidos à nitrito na presença de microrganismos nitrato-redutores. Neste sentido, objetivou-se avaliar o efeito da utilização de pó de beterraba e/ou rúcula como fonte alternativa de nitrato e nitrito em salame tipo italiano, avaliando-se os efeitos desta substituição durante o período de processamento do produto (início, após fermentação e após maturação). O experimento foi conduzido em duas fases: na primeira etapa, realizou-se a obtenção e caracterização dos pós de beterraba (B100%), rúcula (R100%) e sua mistura (RB50%). Na segunda etapa, foram elaborados 4 tratamentos de salame: CT (controle adicionado de NaNO_2 e NaNO_3), BT (adicionado de B100%), RT (adicionado de R100%) e RB (adicionado de RB50%). Em cada etapa de processamento, foram avaliados os parâmetros químicos e físicos, oxidação lipídica e propriedades de cura. Adicionalmente, uma análise de eletroforese SDS-PAGE foi realizada para avaliar a proteólise dos salames no início e ao final do processamento. As concentrações de nitrato foram maiores em B100%, seguido de RB50% e R100%. Para o salame, as amostras CT, BT, RT e RB atingiram 35% de perda de peso aos 45, 36, 36 e 30 dias, respectivamente, fazendo com que a atividade de água alcançasse valores menores ou iguais a 0,90 ao final da maturação. Houve uma diminuição do pH para todos os tratamentos e as amostras adicionadas de pó de rúcula tenderam para uma coloração mais verde. Os menores níveis de nitrito residual foram observados no salame CT e RB ($< 0,9$ mg/kg). A eficiência de cura (EC) de todas as amostras foi maior ao final da fermentação ($\geq 30\%$). Todos os tratamentos apresentaram valores finais de TBARS inferiores a 0,6 MDA/kg ($P < 0,01$). Na análise de eletroforese foram observadas bandas proteicas com pesos entre 15 e 220 KDa, com diminuição da intensidade e aparecimento de novas bandas entre o início e o final do processamento, indicativo de proteólise. A análise de componentes principais possibilitou uma melhor visualização da correlação dos atributos analisados com os tratamentos, observando-se uma clara separação das amostras em função da etapa de processamento e tipo de pó. Ao final do processamento, foi possível notar que todas as amostras elaboradas apresentaram composição química de acordo com os requisitos da legislação brasileira para salame tipo italiano. Com base nos resultados, o uso de pó de beterraba, isoladamente ou combinado com rúcula, apresenta resultados promissores como substituto do NaNO_2 e NaNO_3 no salame tipo italiano. O tratamento RB se destacou, resultando no produto de maior qualidade.

Palavras-chave: Pós vegetais, Nitrito, Nitrato, *Culturas Starter*, Produtos fermentados.

POTENTIAL OF BEET POWDER (*Beta vulgaris* L.) AND ARUGULA (*Eruca sativa* L.) AS SUBSTITUTES FOR SODIUM NITRITE IN CURING ITALIAN-TYPE SALAMI

ABSTRACT - Sodium nitrite (NaNO_2) is one of the main curing agents used in the meat industry, being responsible for the development of unique sensory attributes, microbiological safety and maintenance of the quality of cured products. However, the use of NaNO_2 in curing meat has been associated with the formation of N-nitroso compounds, which can trigger abnormalities and cellular stress, causing harm to health. Beets and arugula have high concentrations of nitrate that can be converted to nitrite in the presence of nitrate-reducing microorganisms. In this sense, the objective was to evaluate the effect of using beetroot powder and/or arugula as an alternative source of nitrate and nitrite in Italian salami, evaluating the effects of this substitution during the product processing period (beginning, after fermentation and after maturation). The experiment was conducted in two phases: in the first stage, beet powders (B100%), arugula (R100%) and their mixture (RB50%) were obtained and characterized. In the second stage, 4 salami treatments were prepared: CT (control added with NaNO_2 e NaNO_3), BT (added with B100%), RT (added with R100%) and RB (added with RB50%). At each processing stage, chemical and physical parameters, lipid oxidation and curing properties were evaluated. Additionally, an SDS-PAGE electrophoresis analysis was performed to evaluate the proteolysis of salami at the beginning and end of processing. Nitrate concentrations were highest in B100%, followed by RB50% and R100%. For salami, samples CT, BT, RT and RB achieved 35% weight loss at 45, 36, 36 and 30 days, respectively, causing water activity to reach values less than or equal to 0.90 at the end of maturation. As expected, there was a decrease in pH for all treatments and the samples added with arugula powder tended towards a greener color. The lowest levels of residual nitrite were observed in CT and RB salami ($< 0,9$ mg/kg). The curing efficiency (EC) of all samples was higher at the end of fermentation ($\geq 30\%$). All treatments presented final TBARS values below 0.6 MDA/kg ($P < 0.01$). In the electrophoresis analysis, protein bands with weights between 15 and 220 KDa were observed, with a decrease in intensity and the appearance of new bands between the beginning and end of processing, indicative of proteolysis. The analysis of main components allowed a better visualization of the correlation of the analyzed attributes with the treatments, observing a clear separation of the samples depending on the processing stage and type of powder. At the end of processing, it was possible to notice that all samples prepared presented a chemical composition in accordance with the requirements of Brazilian legislation for Italian-style salami. Based on the results, the use of beetroot powder, alone or combined with arugula, shows promising results as a substitute for NaNO_2 and NaNO_3 in Italian-style salami. The RB treatment stood out, resulting in the highest quality product

Keywords: Vegetable powders, Nitrite, Nitrate, *Starter cultures*, Fermented products

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Quantidades de nitrito/nitrato adicionados em produtos cárneos.....	27
Tabela 2. Exemplos de produtos cárneos curados.....	29
Tabela 3. Composição química e nutricional da beterraba vermelha <i>beta vulgaris</i> para 100g.....	38
Tabela 4. Uso de beterraba em produtos cárneos.....	41
Tabela 5. Composição centesimal de rúcula (<i>Eruca sativa L.</i>)	44
Tabela 6. Estudos com utilização de rúcula em produtos cárneos.....	45
Tabela 7. Descrição dos tratamentos dos salames tipo italiano.....	50
Tabela 8. Conteúdo de nitrito, nitrato, L*, a* e b* dos pós de beterraba e rúcula.....	57
Tabela 9. Parâmetros colorimétricos, perda de peso, pH e Aa dos salames durante o processamento.....	58
Tabela 10. Caracterização do produto final (salame)	72

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Alterações na tonalidade da carne devido às reações envolvendo a mioglobina durante o processo de cura.....	24
Figura 2. Delineamento experimental para o processamento do salame tipo italiano com fontes alternativas de nitrito.....	47
Figura 3. Salames no início do processamento (tempo inicial) e ao final do processamento (tempo final)	59
Figura 4. Conteúdo de nitrito residual dos salames durante o processamento.....	62
Figura 5. Conteúdo de nitrato dos salames durante o processamento.....	63
Figura 6. Pigmentos totais e nitrosos dos salames durante o processamento.....	64
Figura 7. Eficiência de cura dos salames durante o processamento.....	65
Figura 8. Oxidação lipídica (TBARs) dos salames durante o processamento.....	67
Figura 9. Eletroforese SDS-PAGE dos salames no início e no final do processamento.....	68
Figura 10. Variáveis canônicas das variáveis originais em salame tipo italiano ao longo do processamento.....	70
Figura 11. Análise de correlação de Pearson.....	71

1. INTRODUÇÃO

O uso de conservantes é uma prática comum nas indústrias de alimentos, com o intuito de manter a qualidade e a segurança de seus produtos (Beya *et al.*, 2021). Compostos como nitrato e nitrito de sódio e/ou potássio, por exemplo, são muito utilizados pela indústria da carne, pois conservam a estabilidade sensorial, química e microbiológica dos derivados cárneos, além de serem economicamente viáveis (Grispoldi *et al.*, 2022).

Apesar dos benefícios tecnológicos, o consumo de nitrito/nitrato nos produtos cárneos curados tem sido associado a efeitos carcinogênicos e mutagênicos em humanos devido à formação de compostos N-nitrosos, como as N-nitrosaminas (Karwowska; Kononiuk, 2020). As N-nitrosaminas podem ser formadas pela reação de aminas nos produtos cárneos que contêm ácido nitroso ou nitrito, em um processo chamado nitrosação (Parr; Joseph, 2019).

Diante disso, os consumidores estão gradativamente optando por produtos industrializados, adicionados de ingredientes naturais, denominados *clean label* (rótulo limpo), adicionados de ingredientes naturais (Beya *et al.*, 2021; Fraqueza *et al.*, 2021). Contudo, tem sido um desafio para a indústria de alimentos encontrar ingredientes naturais que desempenhem as funções tecnológicas do nitrito de sódio (Fraqueza *et al.*, 2021).

O uso de matérias-primas vegetais como fonte de nitrito para produtos cárneos tem sido um campo de pesquisa crescente, em virtude da elevada concentração de nitrato de alguns vegetais como beterraba, rabanete, acelga, rúcula, aipo, etc. Esta estratégia se baseia na incorporação da fonte vegetal juntamente com uma cultura iniciadora contendo bactérias nitrato redutoras na formulação do produto cárneo. Após a mistura dos ingredientes, os microrganismos irão promover a conversão do nitrato dos vegetais em nitrito, o qual irá desempenhar todas as funções tecnológicas inerentes ao processo de cura (Patarata *et al.*, 2020).

A beterraba (*Beta vulgaris* L.) e a rúcula (*Eruca sativa* L) contêm elevadas concentrações de nitrato em suas composições, apresentando-se como potenciais agentes de cura para produtos cárneos, principalmente embutidos fermentados

(Corleto *et al.*, 2018; Sucu; Turp, 2018; Ozaki *et al.*, 2021; Can *et al.*, 2021; Serdaroğlu *et al.*, 2023). A incorporação destes vegetais pode ser realizada na forma de pós ou extratos, em conjunto com microrganismos capazes de converter nitrato em nitrito. Essa conversão pode ocorrer durante o processamento no próprio produto cárneo ou antes do processamento em um processo de pré-conversão do nitrato em nitrito (Flores; Toldrá, 2021).

Ao se trabalhar de maneira sinérgica com o pó de beterraba e rúcula será possível potencializar o efeito dos pós na maturação do salame. Martínez-zamora; Peñalver e Nieto (2021), trabalharam de forma sinérgica com alguns extratos naturais, combinando o alface, rúcula e agrião, analisando também a ação de aipo, acelga e beterraba, em chouriço espanhol. Por meio dessas combinações foi possível manter os produtos curados a seco por 150 dias em refrigeração sem alterações em suas características sensoriais.

Linguiças de longa maturação como o salame tipo italiano, são produzidos predominantemente com carne suína e curados a seco, tem como principal agente de cura o nitrito, porém com os possíveis danos que o nitrito sintético pode causar na saúde do consumidor, tem surgido a opção de “cura natural”, utilizando-se vegetais que possuem grandes quantidades de nitratos em suas composições (Holck *et al.*, 2017).

Em pesquisa de literatura, verificou-se que poucos estudos avaliam o uso combinado de vegetais ricos em nitrato como substituto ao nitrito em produtos cárneos como o salame tipo italiano. E não foi encontrado estudos que fizeram uso da mistura de pós de beterraba e rúcula como substituto de nitrito/nitrato em salame tipo italiano.

A combinação de pós beterraba e rúcula pode contribuir para o desenvolvimento da cor e sabor dos produtos cárneos curados, melhorando o processo de cura como uma alternativa eficaz para a produção de derivados cárneos de “rótulo limpo”. Com isso, objetivou-se avaliar o efeito da utilização de pó de beterraba e/ou rúcula como fonte alternativa de nitrato e nitrito em salame tipo italiano, avaliando-se os efeitos desta substituição nas características de qualidade durante o processamento do produto.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Aditivos alimentares na indústria da carne

Os aditivos alimentares são definidos como os ingredientes incorporados aos alimentos, não para nutrir, mas com a função de modificação nas características químicas, biológicas, sensoriais ou físicas, seja nos processos de fabricação, preparação, tratamento, acondicionamento, armazenamento, processamento, transporte ou manipulação de um alimento (Brasil, 1997).

O uso de aditivos alimentares é de fundamental importância em todo o processo de fabricação, armazenamento e transporte, pois desempenham diversas funções tecnológicas e prolongam a vida de prateleira dos produtos (Wu *et al.*, 2021). De acordo com Martins, Sentanin e Souza (2019) os aditivos são essenciais para as indústrias produzirem e venderem produtos seguros e de qualidade.

As principais funções tecnológicas dos aditivos nos alimentos são controlar o pH, promover estabilidade, viscosidade e homogeneidade, além de inibir a degradação do alimento e prolongar sua vida de prateleira. Com relação aos aspectos sensoriais, eles atuam em diversos parâmetros como o sabor e odor. O uso dos aditivos depende da finalidade desejada, da etapa do processamento, da quantidade do alimento que está sendo produzido e da concentração que será utilizada (Martins; Sentanin; Souza, 2019).

Segundo Wu *et al.* (2021), os aditivos podem ser divididos de acordo com sua composição em duas grandes classes: os aditivos sintéticos e os naturais. Os aditivos sintéticos são aqueles produzidos quimicamente, que tem por base compostos químicos dos quais produtos inorgânicos ou orgânicos podem ser extraídos e purificados, por outro lado, os aditivos naturais são aqueles resultantes da purificação de ingredientes de plantas ou de fonte animal.

A indústria cárnea utiliza vários aditivos. Os antioxidantes, antimicrobianos e texturizantes são os mais utilizados, porém, outros como os corantes, estabilizantes e reguladores de acidez também podem ser empregados (Delgado-pando *et al.*, 2021). Alguns desses aditivos podem desempenhar mais de uma ação nos produtos cárneos como, as atividades antioxidante e antimicrobiana ao mesmo tempo (Wu *et al.*, 2021).

Muitos dos aditivos utilizados nos produtos cárneos (nitratos, nitritos, sulfatos etc.), se forem utilizados em valores superiores aos permitidos pela legislação podem trazer prejuízos à saúde do consumidor, uma vez que pode haver formação de compostos indesejáveis como N-nitrosaminas, podendo ser ocasionada pela combinação de diferentes substâncias no mesmo produto. Desse modo, a questão do uso de aditivos em carnes e seus derivados se tornou um tópico em ascensão (Iammarino; Marinho; Albenzio, 2017).

O nitrato e nitrito, classificados como agentes de cura, são exemplos de aditivos muito utilizados pela indústria cárnea. De acordo com Honikel (2008) esses agentes de cura proporcionam aos produtos cárneos uma boa estabilidade e uma coloração vermelha atraente ao consumidor. O nitrito desempenha funções como capacidade antioxidante, previne e retarda o desenvolvimento de microrganismos e proporciona um sabor agradável.

O processo de cura traz o melhoramento de características da carne e seus derivados. A cura foi responsável por, nos tempos remotos, preservar carnes e peixes da deterioração. De início, o sal era responsável pela redução da atividade de água dos produtos e, desta maneira, inibir o desenvolvimento de microrganismos. Contudo, no século XIX percebeu-se que outros sais eram mais eficientes no processo de cura, e que, na verdade, o uso de sal contaminado com nitrito potencializava a sua ação, conservando melhor os produtos e conferindo uma cor vermelha aos produtos cárneos (Honikel, 2008).

Os produtos cárneos são o resultado de várias formas de processamento da carne *in natura*, para elaborar os produtos desejáveis e proporcionando a diminuição da perecibilidade no transporte e armazenamento (Amaral; Silva; Lannes, 2018).

A carne e seus derivados são ricos em compostos que podem servir como substratos para a ação de microrganismos (proteínas, lipídeos, vitaminas, minerais, etc), inclusive aqueles patogênicos, e essa composição na qual também se faz presente uma alta atividade de água, culmina em produtos muito perecíveis (Iammarino; Marinho; Albenzio, 2017). Diante disso, se faz necessário o uso de aditivos alimentares que possam manter a qualidade desses produtos.

Em resumo, o uso de aditivos se tornou indispensável na cura dos produtos cárneos, sendo importante destacar que, além do nitrito/nitrato, o sal também é de

grande importância para o desenvolvimento do sabor e conservação dos produtos (Hamid; Khan; Lim, 2020).

Visando que as características tecnológicas e sensoriais dos produtos cárneos curados sejam alcançadas, é necessário a utilização de uma quantidade importante de aditivos durante a sua produção. Além disso, o uso desses aditivos é essencial para preservar a segurança e o prazo de validade esperado para aquele produto. Entre esses aditivos, os sintéticos são primordiais para a qualidade desses produtos, por esses motivos a indústria da carne é a que mais enfrenta desafios para a substituição de aditivos por ingredientes naturais (Delgado-pando *et al.*, 2021).

Os aditivos alimentares desempenham diversas funções necessárias para uma boa qualidade dos alimentos, executando uma ou mais funções. De acordo com a legislação brasileira, a RDC Nº 272, de 14 de março de 2019, alguns dos aditivos utilizados para produtos industrializados secos são classificados como: antioxidantes (ascorbato de sódio, eritorbato de sódio, isoascorbato de sódio, etc.), conservadores (nitrito de potássio, nitrito de sódio, nitrato de sódio, nitrato de potássio, etc) e corantes (cúrcuma ou curcumina, caramelo i – simples, etc.) (Brasil, 2019).

De acordo com Lorenzo *et al.* (2018) os aditivos antioxidantes, classificados como do tipo I, atuam nos produtos como receptadores/eliminadores dos radicais livres, inibindo o início do processo oxidativo, pois atuam na etapa de iniciação da reação, podendo também atuar interrompendo a etapa de propagação da auto-oxidação.

Os antioxidantes do tipo II desempenham diversos mecanismos que retardam as reações de oxidação, estes não atuam de modo a estabilizar os radicais livres como ocorre com os antioxidantes do tipo I, e sim como quelantes para íons metálicos causadores de oxidação ou catalisadores, desativam o oxigênio singlete, liberam íons H⁺ para os antioxidantes do tipo I, tem ação como eliminadores de oxigênio ou absorvem a radiação ultravioleta, decompõem o hidróperóxido em espécies não radicais e com frequência potencializam a ação dos antioxidantes primários (Lorenzo *et al.*, 2018).

Os processos oxidativos lipídicos e proteicos são os principais causadores de deterioração de carnes e derivados. É importante citar também que o MDA (Malondialdeído), produto formado na oxidação lipídica, vem sendo associado a um

potencial tóxico mutagênico em testes *in vivo* (Lorenzo *et al.*, 2018), o que torna importante o uso de antioxidantes que evitam o acúmulo deste composto nos alimentos.

As alterações químicas e microbianas podem atuar na facilitação da deterioração dos alimentos, pois eles possuem altas quantidades de nutrientes, contudo, as utilizações de compostos conservantes previnem essas reações nos alimentos (Wu *et al.*, 2021).

Os aditivos do tipo conservador possuem atividades antimicrobianas, além de alguns serem antioxidantes também. Essa atividade antimicrobiana age controlando principalmente a deterioração natural dos produtos e evitando a contaminação com microrganismos patogênicos, garantindo a segurança dos produtos (Carocho *et al.*, 2014). Compostos conservadores como nitrito/nitrato também possuem funções de formação de cor e sabor nos produtos (Honikel, 2014).

Outro tipo de aditivo bastante utilizado são os corantes, sendo estes de grande importância, pois podem trazer ao alimento uma maior atratividade por parte dos consumidores. De acordo com Coultate e Blackburn (2018), a coloração de um alimento é um dos principais aspectos levados em consideração pelos consumidores, indicando se aquele produto tem qualidade ou não, pois muitas vezes, parte dos consumidores teriam uma maior dificuldade para interpretar os rótulos nutricionais dos produtos.

A experiência com um produto ou fabricante e a aparência são fatores que influenciam a qualidade percebida pelos consumidores. Por exemplo, no caso de frutas e vegetais frescos, as cores mais intensas sugerem maior presença de vitaminas e antioxidantes nos pigmentos, além de indicar que estão mais frescos (Coultate; Blackburn, 2018).

A coloração da carne e seus derivados é um fator essencial para a qualidade e a conservação dos produtos. Por isso, existem várias tecnologias para evitar a oxidação que altera a cor da carne (Bekhit *et al.*, 2019). A coloração também influencia a decisão dos consumidores, que tendem a escolher os produtos cárneos com a cor mais atraente.

De acordo com resultados de estudos realizados por Carpenter, Cornforth e Whittier (2001), os consumidores adquiriram a carne bovina influenciados pela sua

coloração e tipo de embalagens, apontando que a aparência do produto interfere na compra.

2.1.1 Considerações sobre a segurança e regulamentação dos aditivos alimentares

Por vezes, os consumidores podem considerar os aditivos como compostos muito prejudiciais ou desnecessários, motivados pelos nomes complexos apresentados nos rótulos alimentares. Entretanto, se usados dentro dos limites estabelecidos pelas autoridades de segurança alimentar, estes não devem causar problemas à saúde de seus consumidores (Delgado-pando et al., 2021). Porém, o consumo excessivo de produtos cárneos pode levar a uma ingestão elevada de certos aditivos, prejudicando os consumidores.

Hamid, Khan e Lim (2020) avaliaram o nitrato, nitrito e sal em produtos cárneos curados na dieta de crianças e adolescentes (1 a 18 anos) e constataram que, os aditivos presentes nos produtos não excedendo as quantidades estabelecidas pela legislação vigente, porém os consumidores ingeriam grandes quantidade de produto. Esse consumo alto se deve ao baixo custo, sabor e facilidade de preparo.

Aditivos muito utilizados pela indústria cárnea e de laticínio, como, por exemplo, o nitrito e nitrato, existem naturalmente em determinados alimentos como alguns vegetais e na água, conseqüentemente o consumo mais elevado desses compostos podem não ser resultante apenas da ingestão de produtos industrializados.

De acordo com os estudos realizados por Temme *et al.* (2011), a população belga com mais de 15 anos estudada tinha um consumo de nitrato diário de uma média de 96 mg por dia, entretanto, metade da ingestão foi proveniente de vegetais folhosos (especialmente alface), 20% eram provenientes da água ou de bebidas e 30% era oriundo de aditivos alimentares (nitrato).

Como mencionado na seção anterior, a Resolução da Diretoria Colegiada (RDC) 272, de acordo com a legislação brasileira, estabelece os aditivos alimentares autorizados para uso em carnes e produtos cárneos. Essa norma apresenta uma lista detalhada dos aditivos permitidos, seus limites máximos, funções específicas e condições de uso (Brasil, 2019).

É necessário aos consumidores também se policiarem, no que se refere ao consumo excessivo de produtos que contenham aditivos prejudiciais à saúde, vale ressaltar também, que o mercado está evoluindo e produzindo alternativas de produtos mais naturais.

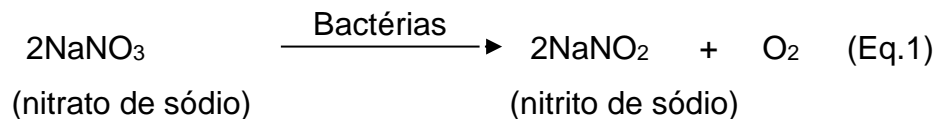
Como apontam Delgado-pando *et al.* (2021), através do desenvolvimento das tecnologias alimentares, já existem alternativas ou ingredientes que podem substituir os aditivos nos alimentos, oferecendo produtos de rótulo limpo (aqueles sem aditivos de origem sintética) aos consumidores.

Bianco Junior, Daguer e Kindlein (2022) nos reforçam a importância de mais estudos acerca de produtos que substituem aditivos como nitrito por vegetais em suas formulações, pois ao adicionar novos ingredientes nos produtos, podem surgir possíveis alterações nas quantidades a serem ingeridas diariamente.

2.1.2 Nitrito e nitrato: Funções e aplicações do nitrito e nitrato na indústria de alimentos

A ação do nitrato na cura de carnes começou a ser compreendida no início dos anos 1900, quando se descobriu que o nitrato poderia ser reduzido a nitrito durante o processo de cura. A conversão de nitrato em nitrito foi causada pela ação de microrganismos introduzidos por meio do manuseio da carne ou através de reações na própria carne no processo de cura. Comprovou-se que o composto responsável pelo sabor e coloração das carnes curadas era o nitrito, além disso, foi possível entender que ele também era capaz de inibir o desenvolvimento de alguns microrganismos patogênicos, como, por exemplo, o *Clostridium botulinum*, microrganismo que causava muitos problemas de envenenamento com o consumo de salsicha antes dessa época (Bedale; Sindelar; Milkowski, 2016).

Ao se utilizar o nitrato como agente de cura, o mesmo nem sempre era tão eficiente para o processo de uma cura adequada, pois muitas vezes apresentava quantidades de nitrito inadequadas, conforme a Equação (1), sendo por vezes insuficientes ou excessivas para o processo (Bedale; Sindelar; Milkowski, 2016).



Com a compreensão de que o nitrito era o responsável pela cura da carne, o Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA), realizou várias pesquisas com início em 1923, a fim de determinar o nível mínimo de nitrito de sódio que seria necessário para a processo de cura em bacon e presuntos, o que trouxesse uma qualidade adequada a esses alimentos. Com os estudos, foi concluído que o nitrito traria uma cura mais rápida, não sendo necessário o uso do nitrato, pois o mesmo era convertido em nitrito (Bedale; Sindelar; Milkowski, 2016). É importante destacar também que, ao utilizar um método de conversão adequado, o nitrato pode ser utilizado de maneira muito satisfatória.

2.1.3 Efeitos do nitrito na qualidade e segurança de produtos cárneos curados

O nitrito/nitrato são aditivos fundamentais para produção de produtos cárneos curados, e até os dias atuais não foi possível encontrar um substituto que fosse capaz de desempenhar suas multifuncionalidades (Zhang, 2023). Para que o nitrato seja eficiente na cura de produtos cárneos, ele precisa ser convertido em nitrito, e o nitrito, por sua vez, para agir na cura, alguns processos químicos necessitam acontecer.

Quando o nitrito de sódio (NaNO_2) é adicionado à carne ou a massa cárnea, que possuem o pH levemente ácido, o composto é dissociado em $\text{Na}^+ + \text{NO}_2^-$, que por meio de algumas reações promovem a formação de compostos como o ácido nitroso (HNO)² e o óxido nítrico (NO).

Microrganismos patogênicos como *Clostridium botulinum* e *Salmonella spp* são inibidos pelo ácido nitroso e o óxido nítrico provenientes dos nitritos/nitratos. É importante destacar que existem outros obstáculos nos produtos cárneos que colaboram para uma ação antimicrobiana mais eficaz, como atividade de água, pH e cloreto de sódio (Honikel, 2014).

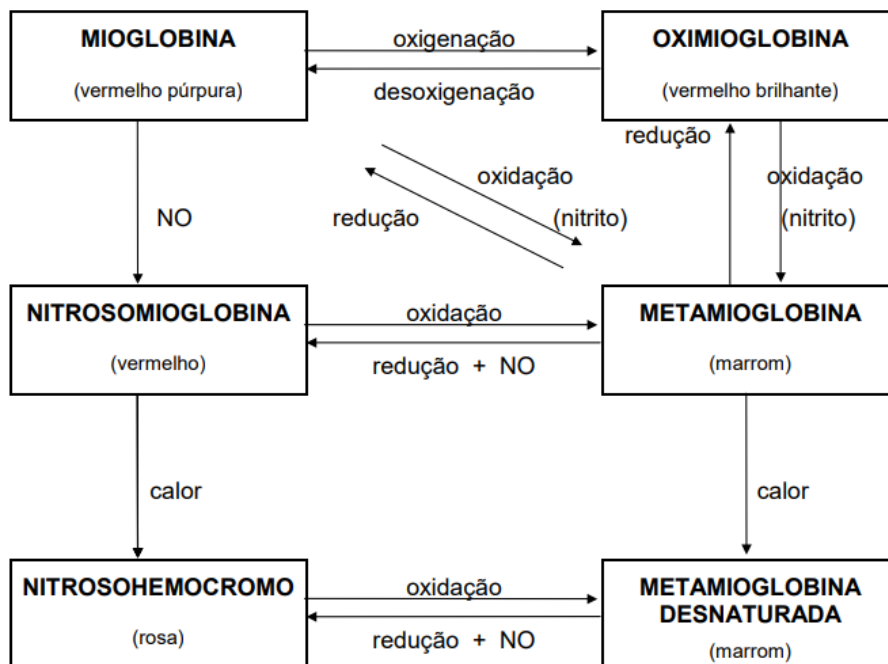
A utilização de nitrito na cura de produtos cárneos provoca uma ação bacteriostática e bactericida, atuando de modo a evitar a atividade ou controlar a multiplicação de algumas bactérias, através de estresse oxidativo causados a esses microrganismos. O nitrato também provoca danos nos microrganismos, culminando na elevação do conteúdo de acetato, que para bactérias como *Staphylococcus aureus* e *Clostridium* provoca um efeito danoso nos seus níveis de ATP (Majou; Christieans, 2018).

Outra função importante do nitrito/nitrato é a estabilidade da cor rosa desejada nos produtos cárneos. A coloração da carne é influenciada por muitos fatores relacionados ao animal, como a espécie, sexo, raça, idade, dieta e tipo de músculo. Todos esses fatores irão afetar a quantidade e o estado da proteína mioglobina presente no músculo, e esta é a principal responsável pela cor da carne (Bekhit, 2019).

A mioglobina pode se apresentar em diferentes estados, são elas a desoximioglobina, oximioglobina, carboximioglobina e a metamioglobina. Onde a desoximioglobina e oximioglobina estão em estado ferroso (Figura 1) (Cornforth; Hunt, 2008).

A desoximioglobina possui coloração vermelho-arroxeadada. Ao se saturar a mioglobina com oxigênio, se forma a oximioglobina que possui uma cor vermelho-cereja. Por outro lado, a mioglobina possui maior afinidade com o monóxido de carbono (CO) do que com o oxigênio, formando a carboximioglobina de coloração vermelho cereja brilhante. A formação da metamioglobina se dá pela oxidação das três formas ferrosas, e apresenta uma cor marrom (Suman; Joseph, 2013).

Figura 1. Alterações na tonalidade da carne devido às reações envolvendo a mioglobina durante o processo de cura



Fonte: Price; Schweigert, 1994.

A mioglobina presente no músculo contém um anel de porfirina com o íon de ferro em seu centro ligado a diferentes ligantes ou no qual o ferro estará presente nos estados Fe^{2+} ou Fe^{3+} . E desse modo, o NO produzido a partir do nitrito/nitrato pode oxidar os íons de ferro e converter a mioglobina em nitrosilmioglobina (vermelho escuro). Esta coloração pode ser alterada em deterioração causadas por bactérias, sendo algo vantajoso, pois o consumidor reconhece essa mudança de coloração como indicativo de baixa qualidade (Honikel, 2008). Desta maneira os metabólicos do nitrito/nitrato ao se ligarem a mioglobina trarão a coloração desejada ao produto.

O nitrito e seus metabólicos, ou o nitrato após a conversão em nitrito, agem também como antioxidantes quando se ligam aos íons de ferro na mioglobina, pois o ferro é um dos principais pró-oxidantes. Além disso, eles também agem sequestrando oxigênio, causador de oxidação (Honikel, 2014). Em síntese, a oxidação de lipídios é evitada pela ação do nitrito/nitrato, pois o conteúdo de ferro livre é diminuído, sendo necessário para catalisar a iniciação da propagação na reação de oxidação lipídica (Parthasarathy; Bryan, 2012).

O nitrito também impede a iniciação da oxidação dos lipídios, através de reações com espécies reativas de oxigênio, como, por exemplo, os radicais de hidroxila. Durante o processamento dos produtos cárneos, além dos lipídios, as

proteínas também podem ser oxidadas, e o nitrito também apresenta ação contra a oxidação proteica. A atividade antioxidante do nitrito em relação a proteínas ainda não está bem elucidada, embora seja levantada a hipótese de que ela seria inibida, pois o mecanismo de oxidação proteica é semelhante a reações que ocorrem na oxidação lipídica (Jo *et al.*, 2020).

O nitrito também é denominado como responsável pelo sabor nos produtos cárneos curados. Esta ação é usualmente atribuída à sua atividade antioxidante, evitando a produção de compostos de sabor desagradável provenientes dessas reações. Porém, outros antioxidantes utilizados não são capazes de desenvolver nos produtos cárneos o sabor de curado, proporcionado pelo nitrito. Diante disso, o sabor característico curado não deve ser atribuído apenas ao poder antioxidante do nitrito, mas estaria relacionado a reações químicas mais complexas (Jo *et al.*, 2020).

A produção do odor dos produtos cárneos curados com nitrito, estariam associados com a sua ação antioxidante, mas não de maneira direta, pois ele não está diretamente envolvido na produção de substâncias odoríferas que propiciam aos produtos o odor de curado (Thomas *et al.*, 2013).

Quando o nitrito não é adicionado ao produto se tem o favorecimento da oxidação de alguns ácidos graxos, que promovem a formação de aldeídos que mascaram o odor de compostos que contém enxofre, e estes são os responsáveis pelo odor típico de curado. Dessa maneira, o odor de curado presente nos produtos cárneos seria resultante do equilíbrio dos compostos formados durante os processos de cura (Thomas *et al.*, 2013).

2.1.4 Questões relacionadas à saúde associadas ao consumo de nitrito e nitrato

Apesar das vantagens tecnológicas dos sais de cura na carne e seus derivados, os nitratos/nitritos utilizados no processo de cura dos produtos cárneos podem reagir com aminas secundárias presente na carne ou produtos cárneos, formando N-nitrosaminas (N-nitrosos) (Honikel, 2014; IARC, 2018), substâncias que, quando ingeridas, têm sido associadas ao aparecimento de cânceres como o de cólon e o de estômago (Silveira, 2019).

As N-nitrosaminas consideradas com maior potencial carcinógeno são as N-nitrosodimetilamina e N-nitrosopirrolidina. Por outro lado, as dos tipos N-nitrososarcosina são consideradas com baixo potencial para causar o câncer ou não cancerígenas, como, por exemplo, as N-nitrosohidroxiprolina, N-nitrosoprolina, ácido N-nitroso-2-metil-tiazolidina 4-carboxílico e ácido N-nitroso-tiazolidina-4-carboxílico. Entretanto, esse baixo potencial de causar câncer deve ser estudado *in vitro*, pois esses compostos podem causar câncer quando descarboxilados durante tratamentos térmicos dos alimentos ou durante o consumo através de bactérias presentes no intestino grosso (Herrmann; Granby; Duedahl-olesen, 2015).

Segundo De Mey (2017), são vários os componentes presentes nesses alimentos que podem ser precursores responsáveis pela formação de N-nitrosaminas, que são consideradas cancerígenas. Podem ser citados alguns aminoácidos, como a prolina, a ornitina, a lisina e aminas biogênicas, como a putrescina e a cadaverina.

Produtos cárneos sofrem degradação de lipídeos e proteínas, gerando precursores de aminas em fermentação, amadurecimento, armazenamento e envelhecimento. Por exemplo, em linguiças fermentadas a seco são formados aminoácidos livres, aminas biogênicas e ácidos. Porém, com baixa atividade de água e condições ácidas leves, o risco de N-nitrosaminas é baixo. Reações de ciclização para sua formação são catalisadas termicamente abaixo de 160 °C (De mey, 2017).

De acordo com Nader *et al.* (2022), é de extrema importância que seja monitorado pelos órgãos competentes a quantidade residual de nitrito e nitrato nos produtos comercializados, se levando em consideração que o teor de nitrato nos produtos pode ser convertido em nitrito no armazenamento, fazendo com que sua quantidade tenha variações em dias diferentes.

Diante do exposto os autores enfatizam a possibilidade de que além do nitrito ou nitrato adicionado como agente de cura, esses compostos podem ser adicionados no produto de outras formas, como, por exemplo, por meio da água adicionada ao produto, visto que o nitrato pode ocorrer naturalmente na mesma.

Os produtos cárneos precisam chegar aos consumidores sem exceder a quantidade residual estipulada pela legislação brasileira conforme apresentado na Tabela 1. Para produtos cárneos curados, o valor máximo das somas de nitrato e

nitrito que podem ser adicionados não podem superar o valor de 0,015g/100g, enquanto para o nitrato a quantidade máxima adicionada pode ser de 0,03 g/100g.

Tabela 1. Quantidades de nitrito/nitrato adicionados em produtos cárneos

Aditivo	Numeração	Quantidade máxima adicionada (g/100g)	Quantidade máxima residual g/100g
Nitrito de potássio	249	0,015	nitrato + nitrito não pode superar a 0,015
Nitrito de sódio	250	0,015	-
Nitrato de sódio	251	0,03	-
Nitrato de potássio	252	0,03	-

Fonte: Brasil (2019).

2.2 Produtos cárneos curados

2.2.1 Definição e características dos produtos cárneos curados

Os produtos cárneos curados são aqueles que recebem a adição de agentes de cura, especialmente sal, nitratos e nitritos (Henkel, 2014). Estes agentes desempenham múltiplas funcionalidades nos produtos curados, conferindo aos mesmos, características próprias (Zhang *et al.*, 2023). Suas ações antimicrobianas, sensoriais e conservantes não podem ser comparadas com outros aditivos, pois nenhum outro até o momento conseguiu desempenhar tão excepcionalmente todas essas funções (Rivera; Bunning; Martin, 2019).

O processo de cura é um método de conservação que tem influência em várias características do produto, tais como: segurança, vida de prateleira e aspectos sensoriais (Johne *et al.*, 2021).

Existem diversos tipos de produtos cárneos curados, como são apresentados alguns exemplos na Tabela 2. Eles diferem, dentre outras coisas, de acordo com a forma de produção, ingredientes, aditivos, tipo de carne utilizada e características físico-químicas (Brasil, 2000). Visto a grande variedade de produtos cárneos curados

no mercado, os consumidores têm à sua disposição muitos produtos com diferentes características sensoriais.

De acordo com Hamid, Khan e Lim (2020), o aspecto sensorial é um dos principais fatores que levam os consumidores a adquirirem produtos cárneos. Dentre os diferentes tipos de produtos cárneos curados, o salame é definido como um produto cárneo industrializado produzido a partir de carne suína ou da mistura de 60% carne suína e 40% de carne bovina, acrescido de toucinho e ingredientes, embutido em envoltório natural ou sintético, fermentado, maturado, dessecado e sua defumação é opcional (Brasil, 2000).

O salame pode ser nomeado de acordo com a sua origem e processo de obtenção como: salame tipo italiano, salame tipo Milano, salame tipo calabresa, salame tipo hamburguês, salame tipo friolano, salame tipo alemão, salaminho, etc. Estes tipos de salames também se diferem de acordo com suas características físico-químicas. O processo tecnológico de sua fabricação traz naturalmente a formação de mofos característicos na superfície desses produtos (Brasil, 2000).

Tabela 2. Exemplos de produtos cárneos curados.

Produto	Carne	Maturado	Umidade (máx)	Aa (máx)	Proteína (míni) (%)	Gordura (máxi) (%)
Salame	Suína ou					
	Suína (60%, exceto tipo hamburguês (50%) e bovina	Sim	40	0,92	20	35
Salame tipo italiano	Suína ou					
	Suína (60%) e bovina	Sim	35	0,90	25	32
Salame tipo Alemão	Suína					
		Sim	40	0,92	25	35

	Bovina					
Jerked Beef		Sim	55	0,78	Nd	Nd
Linguiça colonial						
	Suína	Não	Nd	Nd	18	30
Pepperoni	Suína ou					
	Suína (50%) e bovina	Sim	38	0,92	20	40
Linguiça Calabresa						
	Suína	Não	70	Nd	12	30
Apresuntado						
	Suína	Não	75	Nd	12	12

Fonte: Brasil (2000); Brasil (1988). Nd, não determinado.

2.2.2 Processo de fermentação e maturação e sua importância na qualidade dos produtos cárneos

A fermentação é um processo no qual matérias-primas perecíveis, como carnes e gorduras, misturadas a ingredientes como cloreto de sódio, que passam por processo de secagem, são transformadas em produtos microbiologicamente estáveis (Ordóñez *et al.*, 1999).

O processo de fermentação é considerado complexo e desafia o ecossistema microbiano, onde existem e atuam simultaneamente bactérias, bolores e leveduras. Esses produtos são um ambiente desfavorável até para patógenos como *Listeria monocytogenes*, em virtude dos compostos produzidos pelos microrganismos que atuam na fermentação (Cocolin; Dolci; Rantsiou, 2011).

A fermentação dos carboidratos pelos microrganismos produz ácido láctico e diminui o pH inicial de 5,8 – 6,2 para cerca de 5,0 ou menos. Isso beneficia o produto ao desenvolver a textura, reduzir a retenção de água e favorecer a secagem, estimular a gelificação das proteínas miofibrilares, controlar as reações enzimáticas

contribuindo para o odor e o sabor, além disso, acelerar reações necessárias para formação da cor (Ordóñez *et al.*, 1999).

O acréscimo de culturas selecionadas para o processo de fermentação é muito mais eficaz que a fermentação espontânea tradicional, que ocorria por microrganismos presentes nas próprias carnes, pois promove um processo de maturação muito mais adequado (Hammes; Bantleon; Min, 1990).

A adição de culturas *starter* torna a fermentação menos sujeita a modificações como propriedades sensoriais indesejáveis e contaminações por microrganismos patogênicos. Os principais microrganismos presentes nessas culturas são os do tipo *cocos coagulase-negativos*, exemplo, *Staphylococcus xylosum* (Ammor; Mayo 2007), e ácido láctico, como *Staphylococcus*, *Micrococcus*, leveduras e bolores (Wang *et al.*, 2022).

A maturação da carne e produtos cárneos se refere a junção de todos os processos físicos, químicos, alterações microbiológicas e enzimáticas que ocorrem durante o período estipulado para cada produto, sob temperatura e umidade controladas. Ocorrendo alterações, como perda de água e decréscimo do pH, contribuindo para a segurança do produto e influenciando em diversos aspectos do mesmo (Baumgartner, 1980).

A atividade dos microrganismos é de fundamental importância no processo de maturação, por este motivo é imprescindível escolher adequadamente a cultura *starter* a ser utilizada para fabricação dos produtos (Pasiniet *et al.*, 2018).

Os processos de maturação e fermentação são essenciais para que os produtos cárneos provenientes desses processos tenham alta qualidade, segurança microbiana, alto valor nutricional, abundância de microelementos e ácidos graxos monoinsaturados (MUFAs). Por outro lado, mesmo com essas qualidades importantes, os produtos cárneos devem ser consumidos de maneira moderada, em uma dieta equilibrada e diversificada, de modo que não prejudiquem a saúde do consumidor (Lindqvist; Lindblad, 2009).

É necessário um período para que as reações da maturação ocorram de maneira adequada, para acontecer a transformação por ações de microrganismos, de gorduras e aminoácidos livres como descarboxilações, desaminação oxidativas etc., e/ou reações químicas (reações de Maillard, Strecker e auto-oxidação de gordura,

etc.), fenômenos necessários para que ocorram a formação de compostos químicos como cetonas, aldeídos, lactonas, ésteres, álcoois, etc. Esses compostos são responsáveis, por exemplo, pela formação de sabor em embutidos de fermentação a seco (Ordóñez, Hierro; Bruna; La Hoz, 1999).

2.3 Vantagens e desvantagens do uso de nitrato e nitrito em produtos cárneos curados

O uso do nitrato/nitrito é fundamental para que o consumidor adquira um produto seguro, evitando problema de contaminação por microrganismos, ademais, o uso desses compostos possibilita a ação de conservação, aumentando a vida útil dos produtos cárneos (Fraqueza *et al.*, 2021). Diante do apontamento dos autores, é demonstrado a grande importância do uso de nitrato/nitrito para a formulação dos produtos cárneos curados, tendo fundamental importância para os consumidores e para as indústrias.

Vale salientar também que o consumo dietético do nitrato em pequenas quantidades, é importante para os seres humanos, visto que o corpo humano desenvolve mecanismos que concentram o nitrato na saliva, além disso, em humanos na fase inicial o leite materno contém nitrito. O nitrato e o nitrito possuem atributos que podem ser positivos para a saúde, estes benefícios estão associados ao metabolismo do óxido nítrico proveniente desses compostos (Bedale; Sindelar; Milkowski, 2016). Óxido nítrico pode colaborar para o melhoramento da saúde cardiovascular e controle da pressão arterial (Karwowska; Kononiuk, 2020).

Por outro lado, através das evidências científicas existentes, é possível apontar que o consumo excessivo de carne vermelha, em especial produto cárneo processado, está associado ao aumento de riscos de doenças como alguns tipos de câncer (Wolk, 2016). Desta forma, o uso de nitrito/nitrato tem sido objeto de debates devido ao seu possível potencial carcinogênico para os seres humanos (Shakil *et al.*, 2022).

As N-nitrosaminas que se formam por compostos de nitrogênio provenientes do nitrito são consideradas cancerígenas. O íon nitrato em si não é tóxico, porém, por meio da ação de bactérias anaeróbicas presentes no trato gastrointestinal, parte do nitrato ingerido (5% a 20%) é convertido em nitrito, considerado mais prejudicial

(Karwowska; Kononiuk, 2020). O consumo elevado de nitrito também pode provocar metemoglobinemia em crianças (Shakil et al., 2022).

Abasse *et al.* (2022) demonstraram, por meio de seus estudos, que o maior consumo de nitrito pode favorecer o surgimento de cânceres em locais específicos, como câncer de glioma, estômago e tireoide. Porém, os riscos de cânceres de pâncreas, rim e bexiga foram menores com a maior ingestão de nitrito. Com isso, os autores sugerem que, em alguns casos, o consumo de nitrito pode favorecer o surgimento de cânceres e, em outros casos, colaborar de forma positiva para diminuir o risco da doença.

Apesar dos estudos científicos tenham identificado evidências dos riscos associados ao consumo de nitritos, ainda é necessário um aprofundamento nas pesquisas para elucidar dois aspectos cruciais: o entendimento das múltiplas interações do nitrito com a fisiologia humana e a conscientização da população sobre o papel significativo do nitrito na biologia humana, bem como seus riscos potenciais, a fim de dissipar preocupações desnecessárias (Jeffrey *et al.*, 2011).

2.4 Considerações sobre as tendências e demandas do mercado por produtos cárneos com fontes alternativas de nitrito

Os consumidores estão cada vez mais exigentes e preocupados com o que consomem, entretanto, optam por produtos mais fáceis de preparar, como alimentos congelados, refeições prontas, alimentos para o preparo em micro-ondas etc. nos quais conseguem economizar muito tempo com o preparo (Asioli, 2017).

Com os riscos que nitritos/nitratos, utilizados para manter a qualidade desses alimentos, apresentam para a saúde, os consumidores estão preferindo alternativas mais saudáveis. Perante isso, as indústrias e a comunidade científica estão buscando cada vez mais compostos naturais que possam atender às exigências dos consumidores, substituindo aditivos por ingredientes naturais (Beya *et al.*, 2021; Fraqueza *et al.*, 2021).

Diante da demanda por produtos cárneos curados sem nitrito/nitratos, é preciso considerar que esses alimentos são matrizes complexas, nas quais cada ingrediente tem um papel específico, tornando difícil sua reformulação, pois pode gerar problemas

com contaminação de microrganismos e alteração dos aspectos sensoriais (Fraqueza *et al.*, 2021).

Com a crescente demanda por produtos mais naturais, surgem os produtos “*clean label*” (rótulo limpo), que são aqueles que apresentam nas embalagens textos ou imagens que destacam essa característica, como “produtos naturais” ou “orgânicos”. Além disso, esses produtos têm ingredientes conhecidos e familiares aos consumidores, sem nomes que pareçam “químicos”. Por exemplo, eles têm uma lista curta de ingredientes naturais (Asioli, 2017).

Através da utilização de nitrito oriundo de fonte natural ou da diminuição do conteúdo de nitrito nos produtos cárneos curados convencionais, se abrirá uma nova oportunidade para os consumidores que buscam alimentos que contenham em sua formulação ingredientes naturais (Sucu; Turp, 2018). Desta forma, a utilização de extratos vegetais se apresenta como uma alternativa adequada para a substituição do nitrato/nitrito (Ferysiuk; Wójciak, 2020).

Alguns estudos buscam substituir o nitrito/nitrato por outros ingredientes, como estudo de Ferysiuk e Wójciak (2020) que testou o extrato de folha de oliveira como substituto do nitrito/nitrato em linguiças suínas. O extrato reduziu o nitrato/nitrito sem afetar a umidade, o pH e a Aa. Porém, percebeu-se que os melhores parâmetros colorimétricos foram ligados a maior adição de nitrito.

A utilização de plantas ricas em polifenóis como conservantes se apresenta como uma melhor alternativa para substituir os compostos sintéticos, mantendo a qualidade do alimento (Beya *et al.*, 2021).

Considerando-se a multifuncionalidade do nitrito/nitrato, que nem sempre pode ser totalmente substituída, existem vários estudos que já procuram a substituição do nitrito por vegetais, fontes do seu precursor, nitrato, para a produção de produtos cárneos. O objetivo é alcançar as mesmas qualidades tecnológicas (Martínez-Zamora *et al.*, 2020; Grispoldi *et al.*, 2022; Munekata *et al.*, 2021).

É importante destacar que o uso de vegetais em substituição ao nitrito/nitrato resultaria na produção de produtos que trariam ao consumidor uma maior confiabilidade, pois são utilizados vegetais já consumidos pela população, como a beterraba, rúcula, aipo, entre outros.

As quantidades de nitrato presente nos vegetais variam muito, contudo, vegetais folhosos como rúcula e espinafre contêm níveis mais altos de nitratos (Karwowska; Kononiuk, 2020). Também pode-se citar vegetais da variedade *beta vulgaris*, em especial acelga e beterraba, que se apresentam como excelentes fontes de nitrato, e podem ser utilizadas para a produção de produtos cárneos (Munekata *et al.*, 2021).

O crescente aumento da demanda por produtos de "rótulo limpo" (Karbowski; Szymański; Zielińska, 2023) desafia as indústrias de alimentos e embalagens, para o desenvolvimento de tecnologias que atendam as demandas dos consumidores (Woraprayote, 2016). Com isso, se faz importante a utilização de estratégias para manter a qualidade dos produtos.

Segundo Chen *et al.* (2012), são empregados a combinação de várias tecnologias de obstáculo como produtos químicos e antimicrobianos, além de métodos de pasteurização, sanitização química e irradiação nos locais de processamento dos produtos.

Outro obstáculo empregado na produção de produtos cárneos é o alcance da baixa atividade de água. Segundo Chawla e Chander (2004), atividade de água inferior a 0,85% restringe o crescimento de microrganismos como *Bacillus cereus* e *Clostridium sporogenes*, e diminui a contagem de *Bacillus cereus* no armazenamento dos produtos.

Além das tecnologias de obstáculos citadas, também são empregados microrganismos com essas funções, como mencionam Karbowski; Szymański e Zielińska (2023). São incorporadas em produtos cárneos culturas microbianas dos tipos protetoras não *starter* e *culturas starter*, sendo adicionadas de diferentes maneiras: diretamente à massa cárnea fresca, pulverizadas na superfície do produto fresco ou imergindo o produto na solução com a cultura.

As culturas *starter* são combinações de microrganismos que inibem bactérias nocivas nos produtos cárneos, reduzindo o pH e evitando falhas no processamento. As culturas protetoras não *starter* são microrganismos antimicrobianos que também inibem bactérias nocivas, sem mudar as características dos produtos cárneos (Karbowski; Szymański; Zielińska, 2023).

A utilização de diferentes culturas bioprotetoras promove a formação de compostos antagônicos aos microrganismos que prejudicam o processo, tais como ácidos orgânicos e bacteriocinas (Karbowski; Szymański; Zielińska, 2023). A junção de dois ou mais tipos de tecnologias de obstáculos, além de ser economicamente atraente, proporciona segurança microbiológica dos alimentos, qualidade sensorial e nutricional dos produtos cárneos. Podendo essa combinação trazer um efeito positivo e sinérgico (Woraprayote, 2016).

Mesmo com um longo histórico de utilização, os microrganismos incorporados nos produtos cárneos, ainda precisa ser mais estudada, onde se possam desvendar de melhor forma os efeitos deles em conjunto (Karbowski; Szymański; Zielińska, 2023).

Na produção de produtos cárneos de “rótulo limpo” são utilizados vegetais em conjunto com microrganismo, como mencionado por Jo *et al.* (2020), os nitritos de fonte natural, são obtidos através da conversão de nitratos presentes em vegetais em nitritos, pela ação de microrganismos.

Cepas de microrganismos como o *Staphylococcus carnosus* e *Staphylococcus simulans* são capazes de fazer essa redução de nitrato produzindo o nitrito (CASABURI *et al.*, 2005), pois possuem enzimas do tipo nitrato redutase necessárias para essa conversão (Flores; Toldrá, 2021).

Martínez *et al.* (2019), ao analisarem diversas hortaliças quanto ao teor de nitrato, seus resultados mostraram que as que apresentaram maiores teores do composto foram a beterraba, acelga, rúcula, espinafre, aipo, alface e agrião. Nos diversos estudos nos quais os vegetais estão sendo empregados para a produção de produtos cárneos de “rótulo limpo”, são aplicadas algumas estratégias, como a adição direta de extratos vegetais ao produto, adição de extratos pré-convertidos por microrganismos e a combinação de extratos/pós com microrganismos conversores de nitrito (Munekata *et al.*, 2021).

Usando um extrato ou pó vegetal com nitrato conhecido e microrganismos na massa cárnea, a quantidade de nitrito é incerta, sendo necessário um tempo de incubação para que o nitrato possa ser convertido em nitrito. Por isso, essa abordagem é usada em produtos de longa maturação, como linguiças e presuntos curados a seco (Flores; Toldrá, 2021).

No uso de extratos pré-convertido onde os microrganismos são adicionados anteriormente para converter o nitrato em nitrito, antes de adicionar ao produto cárneo, é favorável, pois já se tem conhecimento da quantidade de nitrito que está sendo adicionado ao produto (Jackson *et al.*, 2011). Podendo, assim, esse nitrito ser utilizado em produtos que não passam por longos períodos de maturação (Flores; Toldrá, 2021).

Hwang *et al.* (2018) avaliaram o efeito de fontes naturais de nitrito pré-convertido no desenvolvimento de cor em linguiça suína crua e cozida. Uma das fontes naturais foi a beterraba vermelha, que se mostrou uma boa alternativa ao nitrito sintético. Ela promoveu a formação da coloração desejada ao produto e atuou de forma promissora nos aspectos de inibição de microrganismos e oxidação lipídica.

Lages *et al.* (2021), utilizaram o extrato em pó de beterraba em conjunto com o óleo essencial de tomilho, com objetivo de substituir nitratos e nitritos em linguiças. Quando analisadas sensorialmente, as linguiças apresentaram boa aceitabilidade geral, com níveis de aceitação superiores a 75%. Esses estudos indicam que vegetais, como fonte de nitrito, atuariam como uma boa alternativa ao nitrito comercial.

2.4.1 Beterraba como fonte de nitrito e nitrato em produtos cárneos

A beterraba é uma hortaliça tuberosa da família Amaranthaceae, originária da Europa. Há três tipos de beterraba: a forrageira, para alimentação animal; a sacarina, para fabricação de açúcar; e a vermelha, consumida como hortaliça e muito popular no Brasil. A beterraba vermelha é rica em açúcares, fibras, potássio, zinco, manganês, ácido fólico, vitamina C e outros nutrientes (Lana *et al.*, 2020), como demonstrado na Tabela 3.

A beterraba é uma excelente fonte de compostos bioativos, incluindo compostos fenólicos (flavonóides e ácidos fenólicos), betalainas, e nitrato inorgânico, além de apresentar grande valor tecnológico, nutricional e sanitário. Esses componentes são importantíssimos para indústria cárnea devido às suas capacidades de atuarem como corantes, antioxidantes, conservantes, trazendo ganhos funcionais e tecnológicos para as indústrias e consumidores (Domínguez, 2020).

Dentre os constituintes da beterraba, destacam-se as betalaínas que são pigmentos presentes em alguns vegetais e que possuem grande importância tecnológica (Wissgott; Bortlik, 1996). Elas são divididas em dois grupos: as betacianinas (de cor violeta/vermelho) e as betaxantinas (cor amarela) (Ravichandran, 2013).

Tabela 3. Composição química e nutricional da beterraba vermelha *beta vulgaris* para 100g.

COMPOSIÇÃO QUÍMICA E NUTRICIONAL DA BETA VULGARIS L	
Constituintes	Valor
Proteínas	1,35 g/100g
Gorduras e óleos	0,3 g/100g
Carboidratos	6,99 g/100g
Fibra dietética	1,9 g/100g
Fibra total	2,56 g/100g
Energia	42 Kcal/100g
Umidade	87,4 g/100g
Cinzas	1,4 g/100g
B-caroteno	11,64 µg/100g
Vitamina C	4,36 mg/100g
Vitamina E	0,18 mg/100g
Vitamina A	2,6 A µg/100g
Vitamina B1	0,034 mg/100g
Vitamina B2	90,053 mg/100g
Vitamina B3	0,352 mg/100g
Ferro (Fe)	0,76 mg/100g
Manganês (Mn)	0,86 mg/100g
Potássio (K)	31,20 mg/100g

Fonte: Adaptado de Odoh e Okoro (2013).

Apesar da grande quantidade de compostos importantes presentes na beterraba, segundo Babarykin *et al.* (2019), o nitrato é considerado o componente com maior importância, pois ele atende as necessidades tecnológicas demandadas pelas indústrias e consumidores (Babarykin *et al.*, 2019).

O consumo de beterraba vermelha, tanto o suco *in natura*, ou suas frações, tem apresentado muitos efeitos nutricionais benéficos aos seres humanos, atuando como antioxidantes, anti-inflamatório, antianêmico e até mesmo propriedades contra o câncer.

De acordo com Keyata *et al.* (2021), a utilização de plantas para fins alimentícios e medicinais é de grande importância, contribuindo para a manutenção da qualidade alimentar e nutricional, atuando para uma sustentabilidade alimentar futura. Além disso, o uso desses vegetais também proporciona qualidade sensorial desses alimentos.

O uso de vegetais ricos em nitrato como substituto ao nitrito/nitrato comercial tem se tornado uma prática em muitos países (Flores; Toldrá, 2021). Estudos já vêm demonstrando o potencial desse vegetal (Tabela 4), porém, os resultados apesar de positivos, são muito variados. Isso se deve a variabilidade das estratégias utilizadas para incorporação do vegetal que pode ser através da adição de pigmentos purificados, adição direta de pó/suco, adição como extrato fermentado ou não fermentado. As diferentes estratégias afetam a eficiência e influenciam as características sensoriais e tecnológicas. É importante destacar também que são diferentes produtos testados, como os produtos fermentados crus, cozidos e tratados termicamente (Domínguez, 2020).

Tabela 4. Uso de beterraba em produtos cárneos.

Fonte	Tratamento	Produto	Nitrito/nitrato residual	Efeito	Referências
Extrato de beterraba vermelha pré-convertido por <i>Staphylococcus carnosus</i>	5% de extrato de beterraba vermelha em pó e 0,05% ácido ascórbico	emulsão de carne suína	Nitrito: 10,4 ppm	Menor valor de pH, baixo TBARS, menor valor de L*, sem diferença no valor de a* e aumento no valor de b*	Choi <i>et al.</i> , 2017.

Extrato de beterraba vermelha pré-convertido por <i>Staphylococcus carnosus</i>	5% de extrato de pó de beterraba vermelha	de Salsicha suína com baixo teor de sal	n.a		Baixo valor de pH, VBN e TBARS, ação antimicrobiana e boa aceitação sensorial, decréscimo no valor de L* e b*, e aumento valor de a*,	Hwang <i>et al.</i> , 2017
		Linguiça suína crua	n.a		Menor valor de pH, sem diferença no valor de L*, menor valor de a* e aumento no valor de b*, ação antimicrobiana.	
Extrato de beterraba vermelha pré-convertido por <i>Staphylococcus carnosus</i>	3% de extrato pré-fermentado de beterraba vermelha em pó	de Linguiça suína cozida	Nitrito: 5 ppm		Baixo valor de pH, aumento no valor de b*, menor valor de a*, sem diferença no valor de L*, baixos valores de VBN e TBARS, potencial antimicrobiana.	Hwang <i>et al.</i> , 2018.
Mistura dos extratos de beterraba e acelga	3000 ppm de extrato de beterraba (pó) e 3000 ppm de extrato de	Chouriço espanhol	nitrato (5.30 ppm) nitrito (13.28 ppm)		Sem diferença nos valores de pH, potencial antimicrobiano, inibição da oxidação lipídica.	MARTÍNEZ-ZAMORA <i>et al.</i> , 2021.

	<p> acelga (pó) + 500 ppm de extrato de alecrim + 250 ppm de extrato de acerola Microrg. adicionado a massa cárneia foi composto por: <i>Pediococcus</i> s, <i>Staphylococcus</i> <i>xylosus</i>, e <i>Staphylococcus</i> <i>carneus</i> </p>			<p> boa aceitação sensorial para odor. </p>
Pó de beterraba	<p> de Linguiça beterraba ferment (0,24 %), ada microrg. turca adicionado (sucuk) à massa cárneia: <i>Staphylococcus</i> <i>carneus</i> + <i>Pediococcus</i> <i>acidilactici</i> + <i>Lactobacillus</i> <i>sakei</i> </p>	<p> Nitrito: 2,92 ppm </p>	<p> Sem diferenças no valor de pH, baixo valor de TBARS, sem diferenças no valor de L ao final do armazenamento, decréscimo no valor de a* e b*, não afetou o perfil de textura e boa aceitação sensorial. </p>	<p> Sucu e Turp 2018. </p>

Pó de beterraba	1% de pó de beterraba, microrg. adicionado s à massa	Linguiça seca fermentada	Nitrito: 1.48 (mg/kg)	Menor valor de pH, diminui o valor de L* e b* e aumentou o valor de a* (ao longo do armazenamento), valores de Aa menores, atividade antioxidante e antimicrobiana.	Ozaki <i>et al.</i> , 2021.
	cárnea:				
	<i>Staphylococcus xylosum</i> + <i>Pediococcus pentosaceus</i>				

Aa: atividade de água; n.a: não avaliado; TBARS: substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico; VBN: nitrogênio básico volátil.

A beterraba já vem sendo muito utilizada como substituto ao nitrito/nitrato sintético em diversos produtos cárneos, como apresentados na Tabela 4, e essa utilização tem demonstrado resultados promissores como, atividade antimicrobiana, antioxidante, boa aceitação sensorial, que são fatores de extrema importância para uma produção de qualidade e também para uma boa aceitação.

Alguns autores têm utilizado o extrato líquido/pó pré-fermentado, que usa microrganismos conversores de nitrato para nitrito antes de adicionar à massa cárnea. Outros estudos utilizam o extrato/pó sem essa conversão prévia, e fazem a conversão no próprio produto, com microrganismos adicionados em conjunto. As duas formas de utilização têm mostrado bons resultados.

As inclusões da beterraba nos produtos cárneos têm mostrado diversos resultados positivos. Ozaki e Munekata (2021) usaram pó de rabanete e beterraba com o microrganismo *S. carnosus* para substituir o nitrito na linguiça fermentada. A inclusão dos pós reduziu a atividade de água e aumentou a perda de peso dos produtos. A beterraba promoveu uma coloração mais escura na linguiça por causa da betalaína. Segundo os autores mais estudos são necessários para ajustar as concentrações dos pós.

Estudos realizados por Sucu e Turp (2018) enfatizam a possibilidade de substituição de nitrito sintético por pó de beterraba. Ao utilizarem o pó de beterraba em linguiça fermentada turca, foi possível substituir o nitrito. A coloração do produto foi bem protegida durante o armazenamento, e através do aumento da concentração do pó também houve aumento na vermelhidão do produto.

Segundo Munekata *et al.* (2019), o uso de vegetais como a beterraba como substituinte de nitrito/nitrato em produtos cárneos é uma ótima alternativa, sendo indicado a utilização de *culturas starter* em combinação com esses vegetais, para uma melhor utilização.

Aykin-Dinçer (2020) menciona que a beterraba pode ser um corante natural para produtos cárneos fermentados e tratados termicamente. Seus estudos mostraram que o pó e o extrato de beterraba impediram significativamente a oxidação lipídica em linguiças, pois o vegetal contém compostos fenólicos antioxidantes.

O uso do pó e extrato também colabora de forma positiva para a qualidade sensorial do produto, como cor, sabor e aceitação geral. Esses compostos fenólicos têm em comum a presença de anéis aromáticos que contêm um ou mais grupos –OH, responsáveis pelas suas atividades antioxidantes e antimicrobianas (Beya *et al.*, 2021). Diante desses estudos, a beterraba possui um excelente potencial para ser utilizada na formulação de produtos cárneos.

2.4.2 Rúcula como fonte de nitrito e nitrato em produtos cárneos

A rúcula é definida como uma hortaliça folhosa herbácea de crescimento rápido que possui ciclo de cultivo em um curto período, apresenta uma coloração verde e contém nervuras verde-claro, sendo suas folhagens cortadas e relativamente espessas. Além de suas características nutritivas, a rúcula também possui propriedades nutracêuticas, possuindo componentes como: água, fibras, proteína, cálcio, ferro, magnésio, fósforo, potássio, sódio, zinco, vitamina C, tiamina, niacina e vitamina B6 (Aguiar *et al.*, 2014).

A rúcula é um nome coletivo composto por diversas espécies, que pertencem à família Brassicaceae. Esses vegetais folhosos possuem um sabor levemente

picante, o sabor varia de acordo com as espécies. Dentre as espécies existentes, as três principais utilizadas para o consumo humano são a *Eruca sativa* Miller, a *Diplotaxis tenuifolia* (L.) DC e a *Diplotaxis muralis* (L.) DC (Pignone, 1997).

A rúcula é consumida especialmente crua, como, por exemplo, em forma de saladas, porém também faz parte de pratos como molhos de espaguete e pizzas. A rúcula do tipo *Eruca sativa* L. possui carotenóides α -tocoferol (6,2 mg/100 g), β -caroteno (3,5 mg/100 g), Luteína (5,3 mg/100 g), neoxantina (0,9 mg/100 g) (Tassi; Duarte; Amaya-farfan, 2018), e se apresenta como um vegetal rico em nitrato (Martínez *et al.*, 2020).

Muitas plantas possuem capacidade antioxidante em suas diversas partes que as compõem como rizomas, folhas, flores, ervas, frutas, sementes e cascas. Os compostos bioativos presentes nesses vegetais são responsáveis por essa ação antioxidante (BEYA *et al.*, 2021).

O consumo da rúcula se faz muito importante, pois além dos macronutrientes que possui (Tabela 5), o vegetal também possui vários componentes importantes para a saúde, como minerais e betacarotenos. Conforme o levantamento dos autores citados, a rúcula se mostra como uma possível alternativa ao nitrito comercial.

Tabela 5. Composição centesimal de rúcula fresca (*Eruca sativa* L.).

Constituinte	%
Proteína	2,5
Lipídio	0,3
Carboidrato	4,1
Fibra	1,3
Cinza	1,8
Umidade	92,0

Fonte: Tassi, Duarte e Amaya-farfan (2018).

A rúcula possui diversos compostos bioativos, e por possuir nitrato seria uma alternativa para a formulação de produtos cárneos de rótulo limpo, entretanto, são poucos os estudos com rúcula para a produção de produtos cárneos (Tabela 6). Um deles, através de teste in vitro, avaliou os extratos naturais de rúcula, beterraba, alface, acelga, aipo e alecrim, os quais demonstraram uma excelente atividade antimicrobiana contra o *Clostridium perfringens* (MARTÍNEZ *et al.*, 2019).

Tabela 6. Estudos com utilização de rúcula em produtos cárneos.

Fonte	Tratamento	Produto	Nitrito/nitrato residual	Efeito	Referências
Mistura dos extratos de, Rúcula, Agrião e Alface	500 ppm de extrato de alecrim + 250 ppm de acerola + 3000 ppm de alface, rúcula e agrião (pó). Microrg. adicionado à massa cárnea foi composto por: <i>Pediococcus</i> , <i>Staphylococcus xylosum</i> , e <i>Staphylococcus carnosus</i>	Chouriço espanhol	Nitrato: 9.21 ppm; Nitrito: 21.35 ppm	Sem diferenças nos valores de pH, menores valores de Aa no armazenamento, sem diferenças para L, menores valores de a*, decréscimo no valor de b* ao longo do armazenamento; atividade antimicrobiana, retardou a oxidação lipídica e proteica, boa aceitação sensorial para odor.	Martínez-zamora <i>et al.</i> , 2021.
Extrato de rúcula pré-convertido por <i>Staphylococcus carnosus</i>	1,5% de extrato de rúcula pré-convertido	Linguiça fermentada tratada termicamente	Nitrito: 8,78 ppm	Sem diferenças de valores internos de L*, a* e b*, valores externos foram maiores para L e b* e menores para a*, baixo valor de TBARS e inibiu a oxidação proteica.	Can <i>et al.</i> , 2021.
Extrato pré-convertido de rúcula por <i>Staphylococcus carnosus</i>	1,5% de extrato de rúcula pré-convertido	Embutidos fermentados tratados termicamente	12,44 mg/kg	Reduziu os valores de pH, aumentou nos valores de pigmentos nitrosos e pigmento total, ação antioxidante.	SERDAROĞLU <i>et al.</i> , 2023.

TBARS: substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico.

Martínez *et al.* (2020) investigaram vegetais com nitratos ou fenólicos para proteger a carne suína (lombo) da oxidação de proteínas. Eles mostraram que nitratos de fontes como rúcula, beterraba, alface, espinafre, acelga, aipo e agrião poderiam substituir antioxidantes em produtos cárneos, pois combatem a oxidação, aumentam a vida de prateleira, protegem os tióis proteicos e eliminam radicais no sistema oxidativo.

Can *et al.* (2021) estudaram a substituição de nitrito sintético por extrato de rúcula e extrato de rúcula pré-convertido em linguiças fermentadas tratadas termicamente. Seus resultados apontaram que o extrato pré-convertido resultou em linguiças com características de qualidade e níveis de oxidação semelhantes aos produtos tratados com nitrito sintético. Com isso, puderam concluir que o extrato de rúcula apresenta potencial para substituir o nitrito nesse produto.

De acordo com os estudos apresentados na Tabela 6, a rúcula é eficaz como fonte de nitrito, na qual sua adição traz resultados semelhantes aos produtos nos quais se utilizam nitrito comercial, apresentando ação antioxidante, sem interferências no pH e pigmentos dos produtos. Desta maneira, a mesma é uma alternativa a ser empregada em produtos cárneos.

3 MATERIAL E MÉTODOS

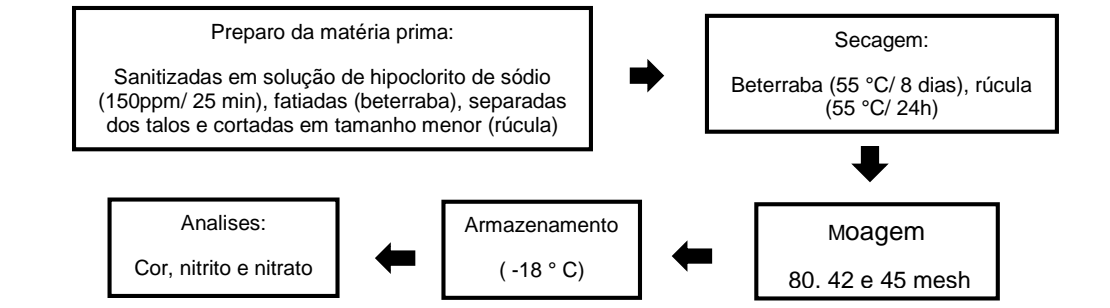
3.1 Delineamento experimental

O experimento foi realizado em duas fases (Figura 2). Na primeira etapa, realizou-se a obtenção dos pós de beterraba e rúcula, com posterior análise de nitrito, nitrato e cor instrumental. Na segunda etapa, foi feita a inserção dos pós na formulação dos salames tipo italiano, avaliando-se a influência destas fontes alternativas de nitrato e nitrito nos parâmetros de qualidade dos salames durante a maturação, foi realizado análises nos tempos 0, 6 e tempo final (TF*).

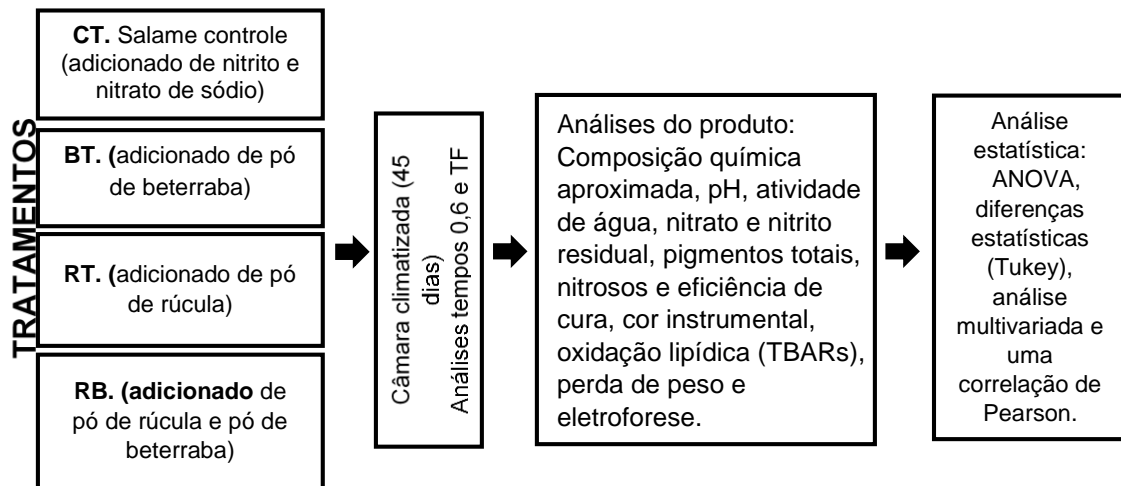
Os tratamentos atingiram o TF* em dias diferentes, tratamento contendo beterraba e rúcula (RB) alcançou a maturação aos 30 dias, enquanto os salames TB e TR finalizaram aos 36 dias. O grupo controle (CT), sem adição de beterraba ou rúcula, completou o processo de maturação aos 45 dias.

Figura 2. Delineamento experimental para o processamento de salame tipo italiano com fontes alternativas de nitrito

ETAPA 1- OBTENÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DOS PÓS DE BETERRABA E RÚCULA



ETAPA 2- PROCESSAMENTO E CARACTERIZAÇÃO DO SALAME TIPO ITALIANO ADICIONADO DOS PÓS DE BETERRABA E RÚCULA



3.1.1 Local experimental e obtenção das matérias-primas

O experimento foi conduzido na Universidade Federal da Paraíba (UFPB), campus III, localizada na cidade de Bananeiras, Paraíba, Brasil. A beterraba (*Beta vulgaris* L.) e as folhas de rúcula (*Eruca sativa* L.) foram adquiridas no mercado local da cidade de Areia, Paraíba, sendo provenientes de sistema de produção orgânico.

No local do experimento, os vegetais foram limpos em água corrente, sanitizados em solução de hipoclorito de sódio a 150 ppm durante 25 min. Após enxague com água destilada, as beterrabas foram fatiadas para aumentar a superfície de contato e as folhas de rúcula foram separadas dos talos e cortadas em tamanhos

menores. Os vegetais foram então submetidos a secagem a 55 °C. As folhas de rúcula foram secas durante 24 horas até obterem valores de umidade inferiores a 5 g/100g. As beterrabas foram secas por 8 dias.

Após o processo de secagem, as amostras foram trituradas em moinho de facas tipo Willey (SOLAB, SL-31), e peneiradas em aparelho vibratório (BERTEL, BT-001), com o auxílio de um conjunto de peneiras (14 a 100 mesh). No presente experimento, foi utilizada a mistura das partículas de 80, 42 e 45 mesh. Os pós obtidos foram embalados e armazenados a -18 °C até a realização das análises e incorporação na formulação dos salames.

A carne suína e o toucinho utilizados foram provenientes de um animal cedido pela UFPB, sendo um suíno fêmea de 8 meses, da raça landrace+moura. O abate procedeu-se de acordo com as normas de bem-estar animal (Brasil, 2000), e foi realizado no abatedouro do campus III da universidade. O animal passou pelo período de jejum por 18 h, com acesso total à água, mas sem alimentação. O atordoamento foi realizado por eletronarcolese.

3.1.2 Parâmetros colorimétricos, nitrito e nitrato dos pós de beterraba e rúcula

Os parâmetros colorimétricos luminosidade (L^*), intensidade de verde/vermelho (a^*) e azul/amarelo (b^*) dos pós foram determinados com auxílio de um colorímetro digital (Konica Minolta, modelo CR-10, Japão), sob o sistema CIELAB. Realizou-se a determinação com as amostras de pós em temperatura de refrigeração, fazendo-se a leitura de diferentes pontos da superfície dos pós.

Os teores de nitrito dos pós foram determinados de acordo com a ISO 2918:1975. Foi pesado aproximadamente 1 g de pó de beterraba, rúcula ou a mistura dos dois em Erlenmeyer de 200 mL, adicionou-se 5 mL de solução de tetraborato de sódio (5%) e 100 mL de água destilada (70 °C), aqueceu-se a mistura por 10 minutos sob agitação. Depois do resfriamento adicionou-se 2 mL de ferrocianeto (10,6%) e 2 mL de acetato de zinco (22%), e completou-se o volume com água destilada, deixando-se em repouso para decantar a parte sólida.

Posteriormente, filtrou-se e preparou-se para a leitura utilizando-se 1 mL da amostra, 0,5 mL de sulfanilamida (0,6%), 0,3 mL de N-(1-naftil) Etilenodiamina (0,5%) e 3,2 mL de água. Comparando-se com uma curva padrão de nitrito de sódio com faixa de concentração de 0,0080 a 1,120 ug/mL. A leitura foi realizada a 540 nm em espectrofotômetro (UV-VIS 5100) (ISO, 1975).

A determinação de nitrato nos pós de beterraba e rúcula seguiu o mesmo procedimento para nitrito até a etapa de filtração, em seguida deu-se seguimento a análise de acordo com Ozdestan e Üren (2010).

Em um balão volumétrico de 50 mL adicionou-se 1 mL do filtrado, 14 mL de água destilada, 2 mL de solução de amônia (25%), 0,5 g de zinco granulado. Após agitar, adicionou-se 1 mL de sulfato de cádmio (5%) e deixou-se em repouso durante 5 minutos e se aferiu o balão.

Realizou-se a leitura com 1 mL do conteúdo do balão volumétrico, 0,5 mL de sulfanilamida (0,6%), 0,3 mL de N-(1-naftil) Etilenodiamina (0,5%) e 3,2 mL de água destilada. Comparou-se com uma curva padrão de nitrito de sódio, com faixa de concentração de 0,0080 a 1,120 ug/mL. Fez-se as leituras em espectrofotômetro (UV-VIS 5100) a 540 nm.

3.1.3 Processo de fabricação dos salames

Os salames foram produzidos no Laboratório de Pesquisa e Desenvolvimento de Produtos Cárneos (LPDPC), localizado no campus III da Universidade Federal da Paraíba (UFPB). A formulação do salame está descrita na Tabela 7. A carne suína utilizada foi proveniente de paleta e pernil e misturada proporcionalmente, de modo a constituir uma quantidade única e representativa dos cortes para cada tratamento.

Tabela 7. Descrição dos tratamentos dos salames tipo italiano.

INGREDIENTES	TRATAMENTOS			
	TC	TB	TR	RB

Carne suína (%)	80	80	80	80
Toucinho (%)	20	20	20	20
Cloreto de sódio (%)	1,5	1,5	1,5	1,5
Açúcar (%)	2	2	2	2
Alho em pó (%)	1	1	1	1
Pimenta branca (%)	0,25	0,25	0,25	0,25
Eritorbato de sódio (%)	0,3	0,3	0,3	0,3
Cultura starter (%)	0,02	0,02	0,02	0,02
Sal de cura 2 (%)	0,25**	0	0	0
Pó de rúcula (%)	0	0	2,42*	0
Pó de beterraba (%)	0	0,265*	0	0
Pó de beterraba e rúcula 50/50 (%)	0	0	0	0,57*

Fonte: autora.

CT tratamento controle (nitrito e nitrato comercial), BT (pó de beterraba), RT (pó de rúcula) e RB (mistura de pós de beterraba e rúcula). *: a quantidade de pó adicionada em cada tratamento foi calculada para conter 150 ppm de nitrato por kg de salame. **: equivale a 150 ppm de nitrito.

Os cortes cárneos e o toucinho foram moídos em moinho industrial (Braesi/BMC-05) e, logo após, foram misturados manualmente. Posteriormente, foram incorporados os demais ingredientes: cloreto de sódio, nitrito e nitrato comercial/ou pó de vegetais, eritorbato de sódio, açúcar, pimenta-branca e alho em pó. Após a total homogeneização da massa cárnea, foi incorporada à cultura starter liofilizada, que continha os microrganismos *Lactobacillus sakei*, *Staphylococcus xylosum* e *Staphylococcus carnosus* (Lyocarni® SBM-11). A cultura starter foi previamente diluída em água destilada, 30 minutos antes da adição à massa, de acordo com recomendações do fabricante.

Com o auxílio de uma embutidora manual, a massa cárnea foi embutida em tripa sintética de colágeno (previamente imersa em água 30 minutos antes de sua utilização) e cortada em peças de aproximadamente 15 cm de comprimento. Na

sequência, as peças foram borrifadas com uma cultura liofilizada bioprotetora (Bactoferm® Mold-600), preparada com água destilada de acordo com as recomendações do fabricante, sendo posteriormente encaminhados para a câmara climática (SSCCu ver.00 - COD 2893), com temperatura e umidade relativa controladas, onde permaneceram por um período de 45 dias.

A programação de temperatura e umidade relativa (UR) foram de acordo com, Smit *et al.* (2020), nos 6 primeiros dias, denominado de período de secagem utilizou-se a temperatura de 21 °C baixando 1°C a cada dia, terminando no último dia de secagem com 16 °C. Neste período a umidade relativa (UR) variou entre 65% e 73%. No período de maturação, a temperatura foi de 14°C e UR entre 64% e 85%. Os salames foram considerados prontos quando atingiram uma perda de peso de 35%. (Cullere; Novelli; Zotte, 2020; Smit *et al.*, 2020).

3.1.4 Análises realizadas no salame durante o processamento

Todas as análises do salame foram realizadas em quadruplicata. Analisou-se nos tempos 0, 6 e TF* os parâmetros físicos (perda de peso, cor, pH, Aa), oxidação lipídica (TBARs), pigmentos totais, pigmentos nitrosos, eficiência de cura, nitrato e nitrito residual. Também foi realizada uma análise de eletroforese SDS-PAGE nos tempos 0 e TF*. A composição química aproximada dos salames foi quantificada no produto pronto (TF*), foram elas, umidade, cinzas, proteínas e lipídeos.

3.1.5 Determinação dos parâmetros físico-químicos e oxidação lipídica dos salames

A composição química aproximada dos salames foi determinada a partir dos teores de umidade, cinzas, proteínas e lipídeos. Estas análises foram conduzidas exclusivamente no produto finalizado, ou seja, após o término do processo de maturação. A determinação dos teores de umidade, cinzas e proteínas seguiu a metodologia descrita pela AOAC (2000). O conteúdo de lipídeos foi dosado pelo método da AOAC (2016).

A atividade de água (Aa) foi medida pelo procedimento nº 978.18 (AOAC, 2000) utilizando-se um higrômetro (Decagon Devices, Aqua Lab PRE, Washington, EUA). O pH foi medido com auxílio de um pHmetro digital Q400AS (Quimis, São Paulo, Brasil), após calibração com soluções tampão de pH 4,0 e 7,0, de acordo com Choi *et al.*, (2010), no qual pesou-se 5 g da amostra triturada e homogeneizou-se em 50 mL de água destilada para medição no equipamento. As análises de pH e Aa foram avaliadas durante o processamento (0, 6, e TF*).

A oxidação lipídica do salame ao longo do processamento foi medida através da análise das substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARs), que após serem extraídas foram quantificadas em espectrofotômetro (UV-VIS 5100), com leitura a 532 nm, de acordo com a metodologia descrita por Rosmini *et al.*, (1996). Os resultados foram expressos em mg de malonaldeído/ kg da amostra.

3.1.6 Parâmetros colorimétricos dos salames

Os parâmetros colorimétricos, L*, a* e b* dos salames, foram avaliados nos dias 0, 6 e TF*. Sob o sistema CIELAB, com auxílio de um colorímetro digital (Konica Minolta, modelo CR-10, Japão). Realizou-se a leitura de diferentes pontos da parte interna dos salames para cada tratamento.

3.1.7 Perda de peso dos salames tipo italiano durante o processamento

Para a avaliação da perda de peso, os salames foram pesados até que atingissem uma média de perda de 35% de seus pesos iniciais. Quando os tratamentos atingiram o peso final, foram retirados da câmara climática, embalados a vácuo e armazenados a – 80 °C. O cálculo para a perda de peso, seguiu a equação (2).

$$\text{Perda de peso (\%)} = \frac{\text{Peso inicial} - \text{peso final}}{\text{Peso inicial}} \times 100 \quad (\text{Eq.2})$$

3.1.8 Determinação de nitrito e nitrato residual nos salames

A determinação de nitrito residual dos salames foi realizada segundo o IAL (2008). Pesou-se 5 g da amostra triturada em Erlenmeyer de 100 mL e homogeneizou-se com solução de tetraborato de sódio (5%). Adicionou-se 25 mL de água destilada (80 °C) e agitou-se em banho-maria por 15 minutos. Depois, adicionou-se 25 mL de água destilada, 2,5 mL de ferricianeto de potássio (15%) e 2,5 mL de solução de acetato de zinco (30%). Completou-se o volume do Erlenmeyer e repetiu-se o procedimento com um branco de reagentes. Por fim, filtrou-se.

Pipetou-se 10 mL do filtrado e adicionou-se 5 mL de sulfanilamida (0,5%) e 3 mL de N-(1-naftil) Etilenodiamina (1%), comparando-se a leitura (540nm) com uma curva padrão de nitrito de sódio.

Para a medição do conteúdo de nitrato residual dos salames, utilizou-se o filtrado utilizado na determinação de nitrito. Seguiu-se a análise de acordo com Ozdestan e Üren (2010).

Em um balão volumétrico de 50 mL, adicionou-se 1 mL do filtrado, 14 mL de água destilada, 2 mL de solução de amônia (25%), 0,5 g de zinco granulado. Após agitar, adicionou 1 mL de sulfato de cádmio (5%) e deixou-se em repouso durante 5 minutos, e se aferiu o balão. Para a leitura, adicionou-se 10 mL do conteúdo do balão em um balão volumétrico de 50 mL, adicionou 5 mL de sulfanilamida (0,6%), 3 mL de N-(1-naftil) Etilenodiamina (0,5%) e completou-se o volume do balão. Comparando-se com uma curva padrão de nitrito de sódio, com faixa de concentração de 0,0080 a 1,120 ug/mL. Realizando-se as leituras em espectrofotômetro (UV-VIS 5100), a 540 nm.

3.1.9 Determinação do teor de pigmento nitroso, pigmentos totais e eficiência de cura nos salames

Nas análises dos teores de pigmento nitrosos, pigmentos totais e eficiência de cura nos salames, seguiu-se a metodologia proposta por Hornsey (1956). Os

parâmetros foram analisados durante o período de processamento, nos tempos 0, 6 e TF*.

Na determinação dos pigmentos nitrosos, pesou-se 2,5 g de salame triturado em tubo falcon de 50 mL e misturou-se com 10 mL de acetona pura e 0,75 mL de água destilada. Agitou-se o tubo em Vortex (220V Kasvi) por 30 segundos e centrifugou-se a 7000 rpm por 3 minutos. Filtrou-se e leu-se a absorbância em espectrofotômetro (UV-VIS 5100) a 540 nm, subtraindo o branco de reagentes. Multiplicou-se o resultado por 260.

Nos pigmentos totais, pesou-se 2,5 g da amostra de salame triturada em tubo falcon de 50 mL. Posteriormente, adicionou-se 10 mL de acetona pura, 0,5 mL de água destilada e 0,25 mL de HCl (6M). Homogeneizou-se o conteúdo do tubo em agitador Vortex (220V Kasvi) durante 2 minutos. Logo depois, filtrou-se com papel filtro whatman nº1. Posteriormente, realizou-se a leitura em espectrofotômetro (UV-VIS 5100) em comprimento de onda de 640nm, descontado o valor de um branco de reagentes.

Os resultados da análise foram alcançados através da multiplicação do valor da absorbância obtido por 680. O resultado da eficiência de cura nos salames foi calculado utilizando os resultados dos cálculos de pigmento nitroso e pigmentos totais. Para a determinação do teor de pigmentos nitrosos (Equação 3), pigmentos totais (Equação 4) e eficiência de cura nos salames (Equação 5).

Pigmento total (ppm) (Eq.3)

$$A_{640} \times 680$$

Pigmento nitroso (ppm) (Eq.4)

$$A_{540} \times 290$$

$$\text{Eficiência de cura (\%)} = \frac{\text{Pigmento nitroso (ppm)}}{\text{Pigmento total (ppm)}} \times 100 \quad (\text{Eq.5})$$

$$\text{Pigmento total (ppm)}$$

3.1.10 Análise de eletroforese SDS-PAGE

A análise de eletroforese em gel de poliacrilamida foi realizada nos tempos 0 e TF* nos salames tipo italiano, seguindo a metodologia de Laemmili (1970). A amostra foi preparada pesando-se aproximadamente 0,016 g do salame triturado em eppendorf e adicionou-se 1 mL de tampão de amostra (Stock Sample Buffer), foi posteriormente colocada em banho-maria durante 5 min (100 °C), agitou-se em vortex por 1 min e centrifugou-se (3.000 rpm/4°C/3 min).

A corrida foi realizada em gel de separação de 12% de poliacrilamida e gel de entrada 4,5%, utilizou-se 25 µL da amostra preparada e marcador proteico como padrão de peso molecular de 12 kDa a 225 kDa (BenchMark™ Protein Ladder).

A condição de corrida foi a 200 V, 90 mA e 30 w, até que o marcador atingisse a parte inferior do gel. Em seguida, o gel foi corado com Camassie Blue durante 24h, descorado por 1 h.

3.1.11 Análise estatística dos dados

Os dados foram tratados usando Análise de Variância (ANOVA), de uma e duas vias. Quando diferenças significativas foram observadas, o teste de Tukey (5%) foi utilizado para diferenciar as médias, no Software Assistat, versão 7.7 pt (2017). Foi realizada também uma análise multivariada de componentes principais, e uma correlação de Pearson utilizando o programa estatístico Genes, versão windows.




4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Caracterização dos pós de beterraba e rúcula

Os conteúdos de nitrato e nitrito dos pós de beterraba e rúcula estão dispostos na Tabela 8. A amostra B100% apresentou o maior conteúdo de nitrato ($P < 0,05$), seguido de RB50% e R100%. De acordo com Santamaria (2005), vegetais como beterraba e rúcula estão classificados no grupo de plantas com alto teor de nitrato, excedendo valores de 2.500 ppm. No entanto, a quantidade de nitrato nos vegetais

pode variar consideravelmente devido a vários fatores, incluindo a época de colheita, e parte da planta utilizada (Fytianos; Zarogiannis, 1999; Tamme et al., 2005).

Tabela 8. Conteúdo de nitrito, nitrato L*, a* e b* dos pós de beterraba e rúcula.

Caracterização dos pós						
AMOSTRAS	NITRATO (ppm)	NITRITO (ppm)	L*	a*	b*	Cor observada**
B100%	56.779,16 ^A	116,33 ^A	35,25 ^C	7,93 ^A	11,3 ^C	
R100%	6.158,56 ^C	37,85 ^B	47,23 ^A	-1,90 ^C	20,08 ^A	
RB50%	33.048,06 ^B	48,96 ^B	42,00 ^B	0,3 ^B	15,38 ^B	
Valor de P	<.0001	<0. 001	<.0001	<.0001	<.0001	
Erro padrão da média	7216,30	10,88	1,33	1,27	1,10	

Letras maiúsculas diferentes na coluna denotam diferença ($p < 0,05$) entre os tratamentos. B100% (100% de pó de beterraba), R100% (100% de pó de rúcula) e RB50% (50% de pó de beterraba e 50% de pó de rúcula). **: cor observada obtida em colorizer.org.

O estudo de Sucu e Turp (2018) ressalta que os pós vegetais tendem a apresentar teores elevados de nitrato, pois o processo de secagem concentra este composto. Na beterraba crua, os referidos autores encontraram 4.420 ppm de nitrato na beterraba fresca e 42.415,16 ppm na beterraba desidratada. O que, embora não seja diretamente comparável aos resultados do nosso estudo, corrobora a variabilidade nos teores de nitrato, influenciada também pelo processamento.

Can *et al.* (2021) encontraram 4.689,27 ppm de nitrato em extrato concentrado de rúcula. Considerando-se que o extrato concentrado possui mais umidade em

comparação com o pó, é plausível a observação de teores mais elevados de nitrato na amostra R100%.

Em relação ao nitrito, B100% apresentou os maiores valores comparado a R100% e RB50%, os quais não se diferenciaram ($P > 0,05$). Os vegetais geralmente não apresentam teores elevados de nitrito, sendo a presença deste constituinte ocasionada pela conversão do nitrato em nitrito na planta (Wright; Davison, 1964).

Can *et al.* (2021) e Serdaroğlu *et al.* (2023) encontraram 23,82 ppm de nitrito para extrato de rúcula, valor inferior ao encontrado neste estudo. A secagem provavelmente contribui para a concentração de nitrito nos pós vegetais, justificando as diferenças observadas.

O pó R100% foi o mais claro, seguido pela mistura RB50% e o pó de beterraba (B100%), respectivamente. A tonalidade roxa (mais escura) presente em B100% é resultado da presença de pigmentos, como a betalaína (Czyżowska, 2020). A cor verde do de R100% também está associada à clorofila, conforme destacado por Dias *et al.* (2020).

Conforme esperado, a intensidade da cor vermelha ($+a^*$) foi maior no pó de beterraba, enquanto os pós de rúcula e mistura revelaram predominância da coloração verde. A tonalidade roxa presente em B100% é resultado da presença de pigmentos, como a betalaína (Czyżowska, 2020). A cor verde do de R100% também está associada à clorofila, conforme destacado por Dias *et al.* (2020).

A cor amarela ($+b^*$) foi mais intensa no pó de rúcula, seguido da mistura e do pó de beterraba, respectivamente. Estes resultados sugerem que o pó de rúcula contém componentes que contribuem para o amarelecimento, como os betacarotenos, por exemplo (Dias *et al.*, 2020).

4.2 Perda de peso, parâmetros colorimétricos (L^* , a^* , b^*), pH e Aa dos salames durante a processamento

O efeito do processamento na perda de peso, cor instrumental, pH e Aa dos salames italianos está descrito na Tabela 9. Dentre os parâmetros de cor, apenas b^* não foi influenciado pelo tratamento e etapa de processamento. Houve variação nos níveis de pH e perda de peso.

Tabela 9. Parâmetros colorimétricos, perda de peso, pH e Aa dos salames durante o processamento.

TRATAMENTO	PARÂMETRO	TEMPO DE PROCESSAMENTO		
		T0	T6	TF*
CT	PP	0 ^{aC}	14,69 ^{cB} ±2,121	35,22 ^{aA} ±1,44
	L*	45,9 ^{aA} ± 1,22	47,27 ^{aA} ±1,29	43,00 ^{aB} ±0,55
	a*	14,20 ^{bB} ±1,37	9,38 ^{aB} ±0,83	13,38 ^{aA} ±0,87
	b*	21,13 ^{ns} ±0,42	20,63 ^{ns} ±0,35	16,10 ^{ns} ±0,87
	pH	5,86 ^{bA} ±0,02	5,02 ^{aB} ±0,004	4,67 ^{aC} ±0,057
	Aa	0,98 ^{ns} ±0,003	0,98 ^{ns} ±0,001	0,89 ^{ns} ±0,010
BT	PP	0 ^{aC}	16,65 ^{bB} ±1,12	35,74 ^{aA} ±0,89
	L*	44,53 ^{abA} ±1,74	46,05 ^{aA} ±0,54	40,83 ^{bB} ±0,75
	a	18,38 ^{aA} ±2,68	9,50 ^{aC} ±0,40	14,60 ^{aB} ±0,52
	b*	20,10 ^{ns} ±2,09	19,93 ^{ns} ±0,79	16,37 ^{ns} ±0,46
	pH	5,83 ^{bA} ±0,01	4,9 ^{bB} ±0,020	4,65 ^{aC} ±0,022
	Aa	0,98 ^{ns} ±0,001	0,97 ^{ns} ±0,004	0,9 ^{ns} ±0,005
RT	PP	0 ^{aC}	15,82 ^{bcB} ±1,134	35,063 ^{aA} ±0,102
	L*	39,67 ^{cB} ±0,44	46,05 ^{aA} ±0,54	34,93 ^{cC} ±1,322
	a*	0,30 ^{cA} ±0,08	-0,50 ^{cA} ±0,08	1,20 ^{cA} ±0,29
	b*	19,95 ^{ns} ±0,70	20,70 ^{ns} ±0,91	17,70 ^{ns} ±0,35
	pH	5,93 ^{aA} ±0,02	4,77 ^{cB} ±0,004	4,49 ^{bC} ±0,038
	Aa	0,99 ^{ns} ±0,002	0,97 ^{ns} ±0,003	0,9 ^{ns} ±0,002
RB	PP	0 ^{aC}	20,15 ^{aB} ±1,48	36,94 ^{aA} ±0,27
	L*	43,47 ^{bB} ±0,60	46,1 ^{aA} ±1,14	39,63 ^{bC} ±1,04
	a*	14,15 ^{bA} ±0,69	6,33 ^{bC} ±1,06	8,18 ^{bB} ±0,35
	b*	20,65 ^{ns} ±1,47	19,55 ^{ns} ±0,82	14,65 ^{ns} ±1,78
	pH	5,86 ^{bA} ±0,01	4,92 ^{bB} ±0,54	4,52 ^{bC} ±0,049
	Aa	0,99 ^{ns} ±0,003	0,97 ^{ns} ±0,002	0,90 ^{ns} ±0,017

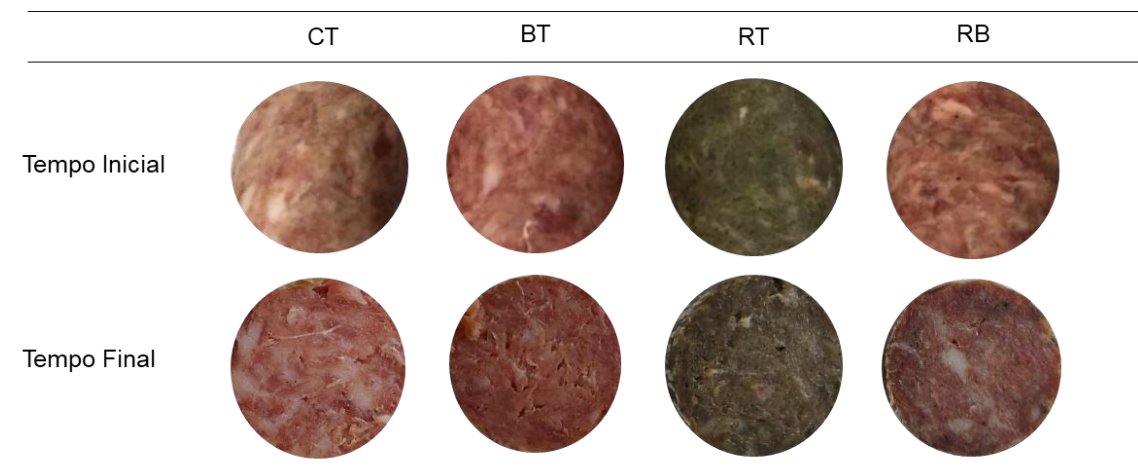
Letras minúsculas diferentes na mesma coluna indicam diferenças significativas para o mesmo parâmetro ($p < 0.01$), letras maiúsculas diferentes na mesma linha indicam diferenças significativas para o tratamento no tempo ($p < 0.01$). Foi aplicado o teste de Tukey quando se encontrou diferenças. CT tratamento controle (nitrito e nitrato comercial), BT (pó de beterraba), RT (pó de rúcula) e RB (mistura de pós de beterraba e rúcula). TF* (tempo final) os salames concluíram a maturação em dias diferentes, (RB (30 dias), BT e RT (36 dias) e CT (45 dias)) ns= não significativo, ns (não significativo), pp (perda de peso).

Para os tratamentos CT e BT, os valores de L^* se mantiveram constantes até o final da fermentação (6 dias), e decresceram ao longo da maturação (TF^*). As outras amostras (RT e RB), por já serem escuras inicialmente, apresentaram aumento de L^* após a fermentação com posterior queda da luminosidade ao final da maturação.

Produtos de longa maturação tendem a ter decréscimo na luminosidade devido à perda de água no processamento (Martínez-Zamora et al., 2021). De fato, houve aumento da perda de peso com as etapas de processamento do salame, alcançando 35% de perda de massa aos 45 dias para CT, 36 dias para BT e RT e 30 dias para RB.

O tratamento CT apresentou o maior valor final de luminosidade (43,00), sendo a amostra mais clara, como pode ser percebido visualmente na Figura 3. A adição dos pós influenciou para valores mais baixos de L^* nos tratamentos BT, RT e RB.

Figura 3. Salames no início do processamento (tempo inicial) e ao final do processamento (tempo final)



Fonte: autora (2023).

CT. Salame controle (adicionado de nitrito e nitrato de sódio comercial), BT (adicionado de pó de beterraba), RT (adicionado de pó de rúcula) e RB (adicionado de pó de rúcula e pó de beterraba). os salames concluíram a maturação em dias diferentes, (RB (30 dias), BT e RT (36 dias) e CT (45 dias)) ns= não significativo, ns (não significativo), pp (perda de peso).

Para o parâmetro a^* (Tabela 9), no tempo T_0 , os tratamentos BT e RB foram os únicos tratamentos que se diferenciaram ($P < 0,05$). BT obteve o maior valor de vermelhidão, possivelmente influenciado pela pigmentação do pó de beterraba. Após o T_0 os tratamentos BT e CT não apresentaram mais diferenças, mostrando a eficiência do pó de beterraba como fonte de nitrito.

RT iniciou com 0,30 para a^* e terminou com 1,20 no TF*. A cor do pó adicionado ($a^* = -1,90$) promoveu, por consequência, alteração na cor do salame, que também apresentou uma coloração voltada para o verde.

A coloração vermelha, de modo geral, é alcançada através do nitrito, devido à formação da nitrosilmioglobina formada através do óxido nítrico, que age na mioglobina presente no produto cárneo (Koizumi; Brown, 2008). Ozaki *et al.*, (2021) encontraram a^* de 9.82 para linguiças com nitrito e nitrato comercial e de 13.77 para as com pó de beterraba. Os valores de RB, CT, BT, neste estudo, são próximos aos dos autores. As fontes de nitrito (pó de beterraba e mistura de beterraba e rúcula) foram eficientes para a coloração de curado (a^*) dos salames.

O aspecto colorimétrico b^* (Tabela 9) não apresentou diferenças estatísticas ($p > 0.01$), ao longo do processamento. As fontes naturais de nitrito foram equivalentes à fonte comercial de nitrito e nitrato, para o b^* . Sucu e Turp (2018) com a adição de nitrito comercial, encontraram 14,65 (b^*) e com 0,36% de pó de beterraba, 12,87. Estes valores se aproximaram dos do nosso estudo ($16,10 \pm 0,87$).

No que se refere à medição do pH dos salames (Tabela 9), todos os tratamentos apresentaram um decréscimo durante o processamento, onde, no T0, todos possuíam um valor de pH superior a 5 e, ao final do processamento, todos obtiveram valores abaixo de 4,8. Essa queda é causada pela ação das *culturas starter* adicionadas, que acidificam o meio com a produção de ácido láctico (Gøtterup *et al.*, 2008).

Os tratamentos com valores menores de pH tinham pó de rúcula, que pode ter contribuído para a redução desse valor. Com extratos ricos em compostos fenólicos, Shan *et al.* (2009) observaram queda no pH de carne suína crua. Compostos da rúcula podem ter causado esse efeito nos salames.

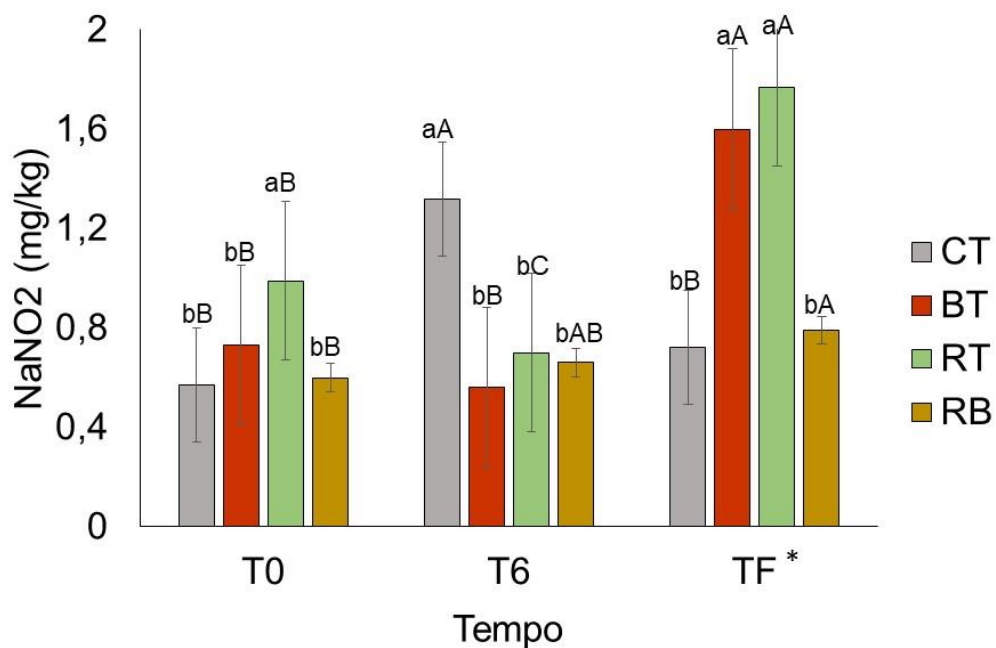
A análise de atividade de água (Aa) não apresentou diferenças estatísticas ($p > 0.01$) (Tabela 9). Os valores de Aa dos salames cumprem os padrões da legislação brasileira (Tabela 2), que indica que a Aa máxima para salames tipo italiano é de 0,90. Valores mais baixos de Aa aumentam a segurança do produto, pois muitas bactérias patogênicas se desenvolvem melhor em Aa entre 0,99 e 0,986 (Terra, Freitas e Cichoski, 2007).

4.3 Conteúdo de nitrito residual e nitrato dos salames durante o processamento

No T0, CT, BT e RB não se diferenciaram ($p < 0.01$) (Figura 4), com valores abaixo de 0,73 mg/kg. RT se diferenciou dos demais. BT e RT aumentaram seus valores no T6, possivelmente resultante da conversão do nitrato em nitrito, pela ação dos microrganismos adicionados à formulação do produto (Molina, Daza; Zabala, 2019). No TF*, os tratamentos BT e RT apresentaram as maiores quantidades de nitrito não se diferenciando estatisticamente entre si ($p > 0.01$). O CT e RB também não se diferenciaram e apresentaram os menores valores de nitrito residual.

Serdaroğlu *et al.* (2023), ao utilizarem extrato de rúcula pré-convertido em embutidos fermentados, encontraram maiores valores de nitrito residual, sendo de 10,41 (mg/kg), superior aos encontrados neste estudo (0,98 mg/kg e 0,59 mg/kg), o que já era previsto, levando em consideração que o extrato em questão possuía uma maior quantidade de nitrito.

Figura 4. Conteúdo de nitrito residual dos salames durante o processamento



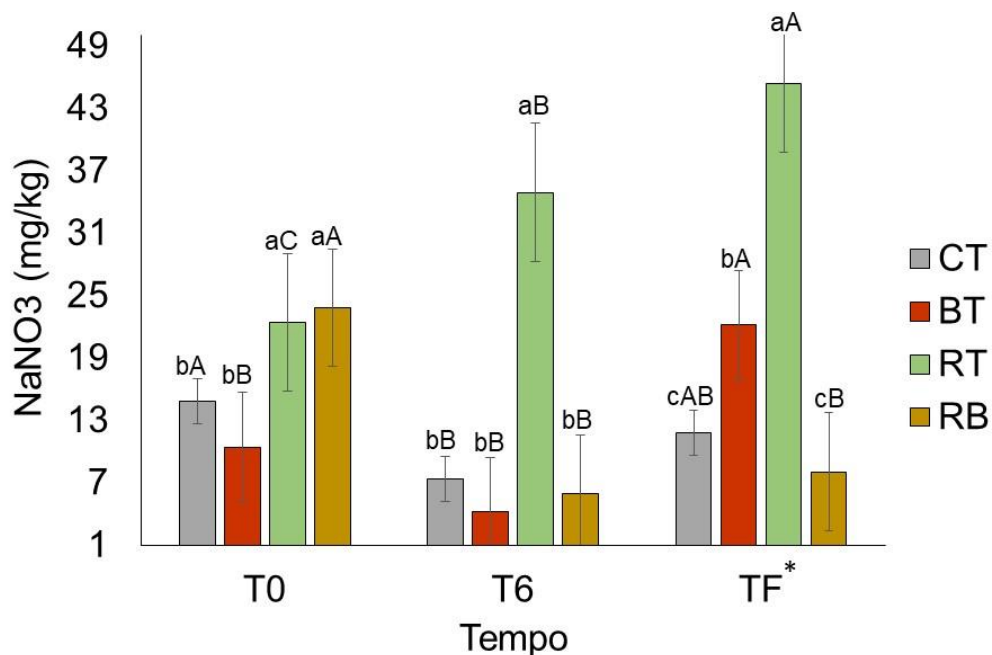
Em consonância com os resultados finais de nitrito residual, nenhum dos tratamentos ficou fora dos padrões exigidos pela legislação, que estipula o valor máximo de 0,015 g/100g para nitrito residual (Tabela 1). Ozaki *et al.*, (2021), encontraram para embutidos fermentados valores próximos aos resultados deste estudo, sendo 1,19 mg/kg de nitrito residual para o tratamento com nitrito e nitrato e 1,48 mg/kg para a amostra com 1% de pó de beterraba.

No tempo 0, os tratamentos CT e BT não se diferenciaram ($p > 0.01$). Porém, os maiores valores foram encontrados em RB e RT (superiores a 18 mg/kg), que também não se diferenciaram estatisticamente entre si (Figura 5). Entretanto, ocorreu queda desses valores a partir do tempo 6, nos tratamentos CT, e RB, em virtude da conversão de nitrato em nitrito, diminuindo o seu conteúdo (Honikel, 2014).

O tratamento BT teve comportamento diferente dos demais. Seu valor de nitrato se manteve constante no tempo 6, aumentando apenas no TF*, enquanto o RT elevou sua quantidade de nitrato a partir do T6, e continuou até o TF*. Isso é um comportamento oposto ao esperado, associado a uma possível liberação de nitrato, ligado a outros componentes, liberado pela ação dos microrganismos (Liao; Chung; Hsieh, 2022).

Martínez-zamora *et al.* (2021), ao analisarem nitrato em Chouriço espanhol, com substituição de nitrito por extratos naturais, encontraram valores entre 5,30 e 9,21 ppm, já para o salame com nitrito comercial o valor foi de 12,25. Os valores encontrados em nosso estudo nos tratamentos CT (11,78 ppm) e BR (8,04 ppm) foram bem próximos aos do estudo citado (Figura 5). Neste sentido, no TF* o tratamento que mais se assemelhou ao controle foi o RB, desta forma, o mesmo se apresentou como a melhor fonte de substituição ao nitrito comercial.

Figura 5. Conteúdo de nitrato dos salames durante o processamento



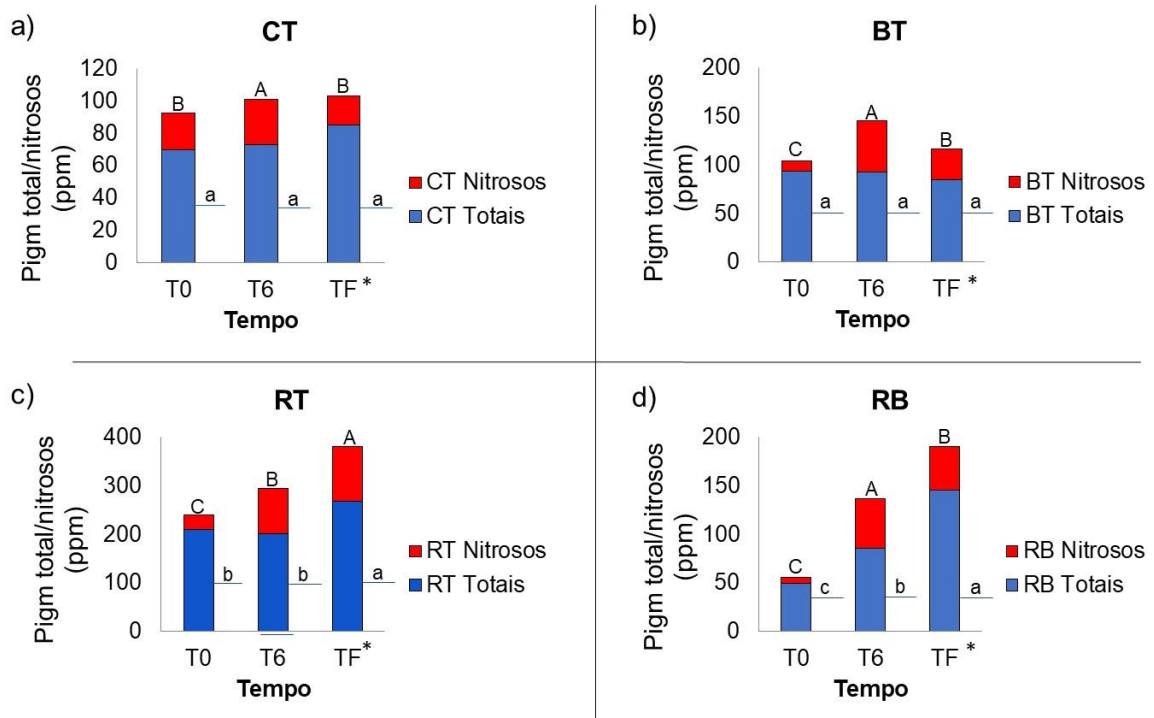
Letras minúsculas diferentes indicam diferenças significativas entre os tratamentos ($p < .01$), letras maiúsculas diferentes indicam diferenças significativas para cada tratamento nos tempos ($p < .01$). Foi aplicado o teste de Tukey quando se encontrou diferenças. CT tratamento controle (nitrito e nitrato comercial), BT (pó de beterraba), RT (pó de rúcula) e RB (mistura de pós de beterraba e rúcula). TF* (tempo final) os salames concluíram a maturação em dias diferentes, (RB (30 dias), BT e RT (36 dias) e CT (45 dias)).

4.4 Conteúdo de pigmentos totais, nitrosos e eficiência de cura dos salames durante o processamento

Para pigmentos totais, os tratamentos CT e BT (Figura 6, a e b) se mantiveram constantes durante todo o processamento (Figura 6). Isso é um resultado muito positivo, pois indica baixa oxidação lipídica no produto (Dutra et al., 2017), visto que os radicais produzidos durante a oxidação podem reagir com pigmentos, vitaminas e proteínas presentes nos produtos (AHN et al., 2006). Todos os tratamentos apresentaram valores de oxidação lipídica menores que 2,0 mg MDA/kg.

Os valores finais de pigmentos totais para os tratamentos RT e RB foram de 267,41 e 145,5 (ppm), ficando próximos aos encontrados por Ozaki *et al.* (2022), para linguiça fermentada, que foi entre 59,16 – 292,17 ppm, e aos encontrados por Marchesi *et al.* (2006), que foi de 144,84 para salame tipo italiano.

Figura 6. Pigmentos totais e nitrosos dos salames durante o processamento



Letras maiúsculas diferentes indicam diferenças significativas nos pigmentos nitrosos para cada tratamento em cada tempo ($p < .01$), letras minúsculas diferentes, indicam diferenças significativas nos pigmentos totais para cada tratamento em cada tempo ($p < .01$). Foi aplicado o teste de Tukey quando se encontrou diferenças. CT tratamento controle (nitrito e nitrato comercial), BT (pó de beterraba), RT (pó de rúcula) e RB (mistura de pós de beterraba e rúcula). TF* (tempo final) os salames concluíram a maturação em dias diferentes, (RB (30 dias), BT e RT (36 dias) e CT (45 dias)).

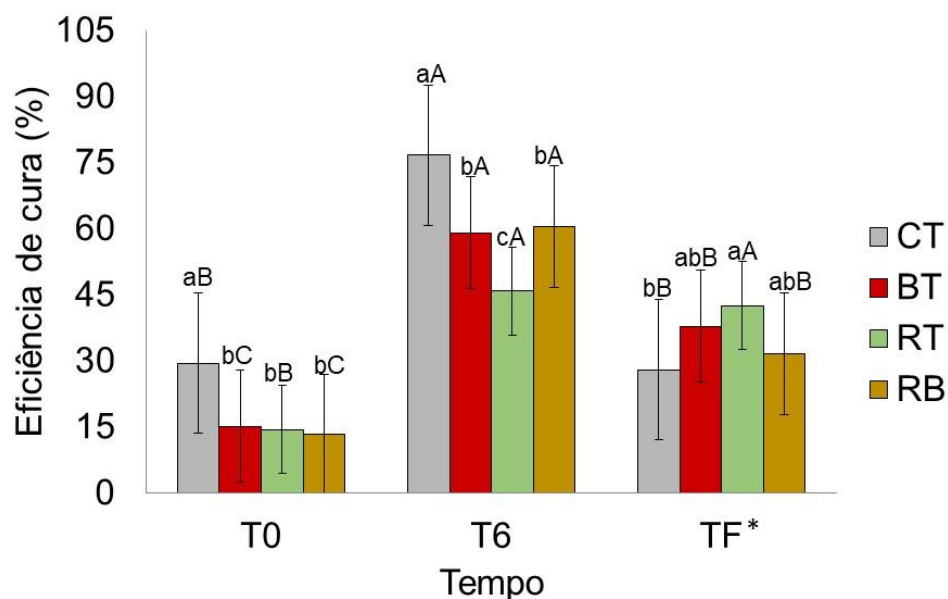
A rúcula contém muitos pigmentos (Dias., *et al* 2020), e os mesmos parecem ter colaborado para valores mais altos de pigmentos totais, pois os tratamentos CT e BT, que não continham rúcula apresentaram valores mais baixos de pigmentos totais, que foi de 85,17 e 84,66 ppm respectivamente.

Os pigmentos nitrosos dos salames formados em produtos cárneos (Figura 6) estão relacionados com a ação do nitrito (Marchesi *et al.*, 2006), que formam pigmentos nitrosos. Como encontrado em nosso estudo, os tratamentos BT, RT e RB apresentaram um crescimento nesses pigmentos quando comparados os tempos 0 e TF*, pela ação do nitrito. Por outro lado, o tratamento CT se manteve constante comparados os tempos 0 e TF*, relacionado à ação inicial do nitrito comercial.

De acordo com Ozaki *et al.* (2022), além do nitrito, o uso de alguns microrganismos, como *Staphylococcus xylosus* e *Staphylococcus carnosus*, também são produtores de pigmentos nitrosos, e colaboram para o aumento do mesmo no produto. E esses microrganismos fizeram parte da formulação em nosso estudo.

A eficiência de cura é a formação de pigmentos nitrosos a partir dos totais (Marches *et al.*, 2006). No T0, só o CT se diferenciou ($p < 0.01$) com 30% de eficiência, e os outros (BT, RT e RB) tiveram menos de 16% (Figura 7). No TF*, BT, RT e RB, não se diferenciaram, enquanto CT se diferenciou apenas de RT ($p < 0.01$). Todos os tratamentos apresentaram boas taxas de eficiência de cura superiores a 27%.

Figura 7. Eficiência de cura dos salames durante o processamento



Letras minúsculas diferentes indicam diferenças significativas entre os tratamentos ($p < .01$), letras maiúsculas diferentes indicam diferenças significativas para cada tratamento nos tempos ($p < .01$). Foi aplicado o teste de Tukey quando se encontrou diferenças. CT tratamento controle (nitrito e nitrato comercial), BT (pó de beterraba), RT (pó de rúcula) e RB (mistura de pós de beterraba e rúcula). TF* (tempo final) os salames concluíram a maturação em dias diferentes, (RB (30 dias), BT e RT (36 dias) e CT (45 dias)).

Segundo Marches *et al.* (2006), a eficiência de cura aumenta a cor vermelha do produto. Porém, para RT, a vermelhidão ($a^* = 1,20$) foi baixa, comparada aos demais tratamentos (Tabela 9). A coloração do pó de rúcula pode ter mascarado a cor vermelha nos salames. Por outro lado, os demais tratamentos apresentaram boas taxas de eficiência de cura, compatíveis com os valores de vermelhidão (a^*) CT ($a^* = 13,38$), BT ($a^* = 14,60$) e RB (8,18). O pó de rúcula também pode ter diminuído a

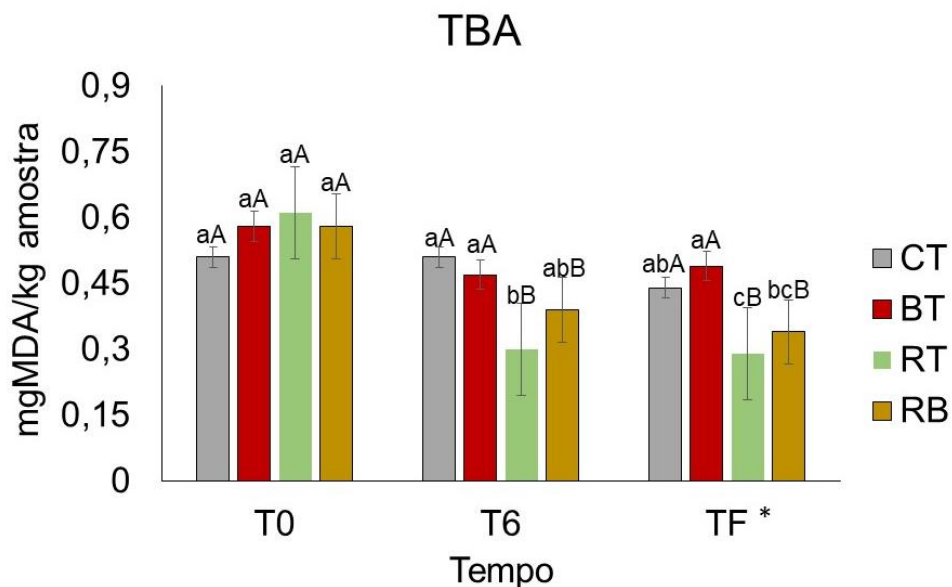
vermelhidão do produto, pois nesse último tratamento também foi adicionado de rúcula, só que em menor quantidade.

Martínez-Zamora *et al.* (2021), também encontraram menores valores de a^* para amostra de chouriço espanhol, que possuíam misturas de extratos vegetais (dentre estes, rúcula), quando comparados à amostra controle com nitrito de sódio. Diante dos resultados, os tratamentos que mais se assemelharam ao CT, foram os BT e RB, nos indicando que estes se mostraram como as melhores opções para substituir o nitrito comercial, nesses dois aspectos que estão relacionados (eficiência de cura e cor a^*).

4.5 Oxidação lipídica (TBARs) dos salames durante o processamento

Os valores de TBARs estão representados na Figura 8, onde pode ser observado que no T0 os tratamentos não apresentaram diferenças estatísticas ($p > 0.01$). Nos tempos T6 e TF*, os tratamentos CT e BT não se diferenciaram entre si, o mesmo ocorreu com os tratamentos RT e RB.

Figura 8. Oxidação lipídica (TBARs) dos salames durante o processamento



Letras minúsculas diferentes indicam diferenças significativas entre os tratamentos ($p < .01$), letras maiúsculas diferentes indicam diferenças significativas para cada tratamento nos tempos ($p < .01$). Foi

aplicado o teste de Tukey quando se encontrou diferenças. CT tratamento controle (nitrito e nitrato comercial), BT (pó de beterraba), RT (pó de rúcula) e RB (mistura de pós de beterraba e rúcula). TF* (tempo final) os salames concluíram a maturação em dias diferentes, (RB (30 dias), BT e RT (36 dias) e CT (45 dias)).

Ao final do processamento (TF*), os tratamentos CT e BT e RT e RB continuaram sem diferenças entre si. Todos os tratamentos apresentaram valores de TBARs menores que 2,0 mg MDA/kg, indicando uma boa qualidade dos produtos, pois como mencionam Özvural e Vural (2011), até esse valor o produto não se apresenta deteriorado. Acima de 2,0 mg MDA/kg, é perceptível sensorialmente o rancidez oxidativa nesses produtos (Ozaki *et al.*, 2021).

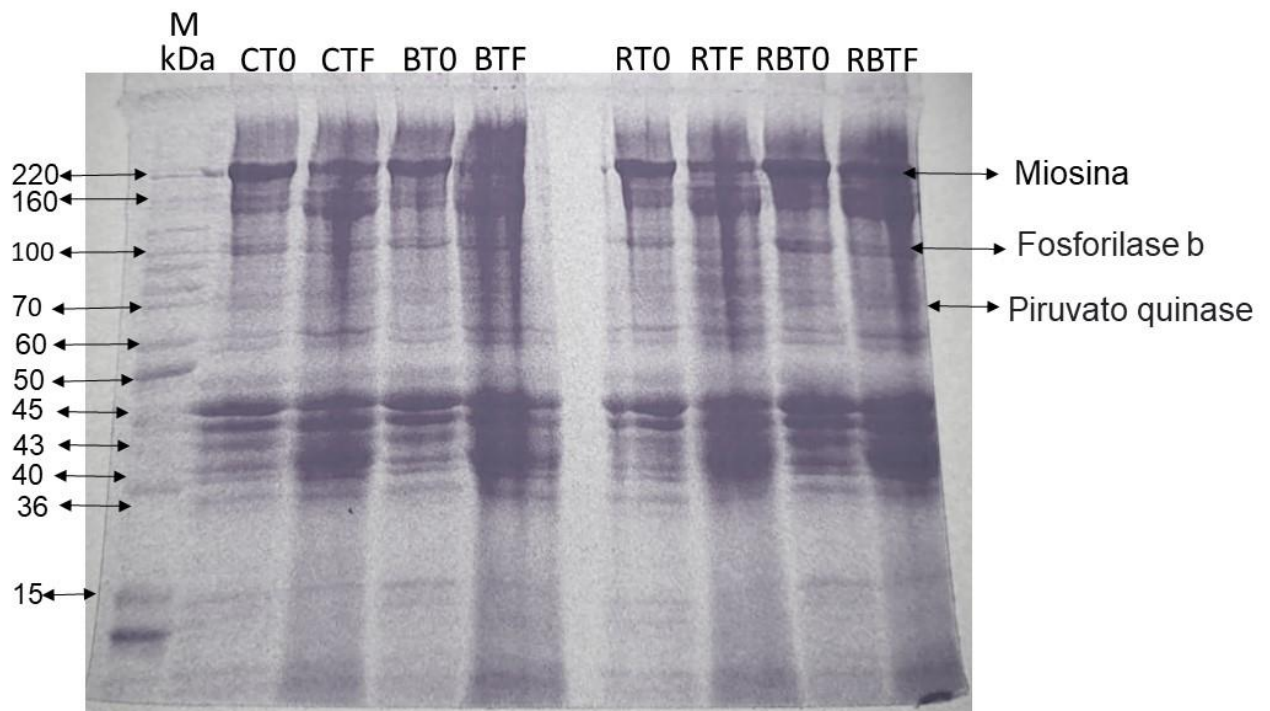
Com os valores de TBARs encontrados nos salames, podemos considerar que o nitrito e nitrato de sódio e as fontes alternativas de nitrito e nitrato, agiram como esperado evitando a oxidação lipídica (Honikel, 2014), os baixos valores encontrados podem ser explicados também pelo uso de eritorbato de sódio que possui ação antioxidante (Brasil, 2019).

4.6 Análise de eletroforese SDS-PAGE

O perfil eletroforético dos salames no início (T0) e final (TF*) do processamento estão representados na Figura 9. Foram observadas bandas proteicas com pesos entre 15 e 220 kDa. Foi perceptível o aparecimento de algumas bandas proteicas na faixa de pesos de 45 kDa, 40 kDa, 43 kDa e 36 kDa, que provavelmente correspondem as proteínas, actina, tropomiosina, creatina quinase tipo M e gliceraldeído-3-fosfato desidrogenase (Gan *et al.*, 2019; Chen *et al.*, 2015) respectivamente.

As bandas proteicas com massa molecular entre 36 e 45 kDa dos quatro tratamentos ficaram mais borradas no TF*, enquanto no T0 elas eram visivelmente mais alinhadas. Esse efeito também foi relatado por Cheng *et al.* (2020), que verificaram que as proteínas com peso de 28 kDa tratadas com papaína se tornaram mais borradas durante a maturação de carne equina.

Figura 9. Eletroforese SDS-PAGE dos salames no início e final do processamento.



CT0 tratamento controle no início do processamento, tempo 0 (nitrito e nitrato comercial), CTF tratamento controle no final do processamento, tempo TF* (nitrito e nitrato comercial), BT0 tratamento com pó de beterraba no tempo 0 (pó de beterraba), BTF* tratamento com pó de beterraba no tempo TF* (pó de beterraba), RT0 tratamento com pó de rúcula no tempo 0 (pó de rúcula), RTF tratamento com pó de rúcula no tempo TF* (pó de rúcula), RBT0 tratamento com mistura de pós no tempo 0 (mistura de pós de beterraba e rúcula), RBTF tratamento com mistura de pós no tempo TF* (mistura de pós de beterraba e rúcula) TF* (tempo final) os salames concluíram a maturação em dias diferentes, (RB (30 dias), BT e RT (36 dias) e CT (45 dias)).

Comparando os tempos T0 e TF*, as bandas de pesos 100 (fosforilase b) e 15 kDa tiveram menor intensidade de coloração no TF*, indicando o processo de proteólise ao final da maturação do produto (Konić et al., 2013). Essas degradações das proteínas indicam melhoramento na maciez dos produtos cárneos (Cheng *et al.*, 2020). Um decréscimo na intensidade das bandas também foi relatado por Chaves-lópez *et al.* (2011) e Yu *et al.* (2020), que estudaram a ação de microrganismos que degradam proteínas em salames italianos e extratos de carne suína, respectivamente.

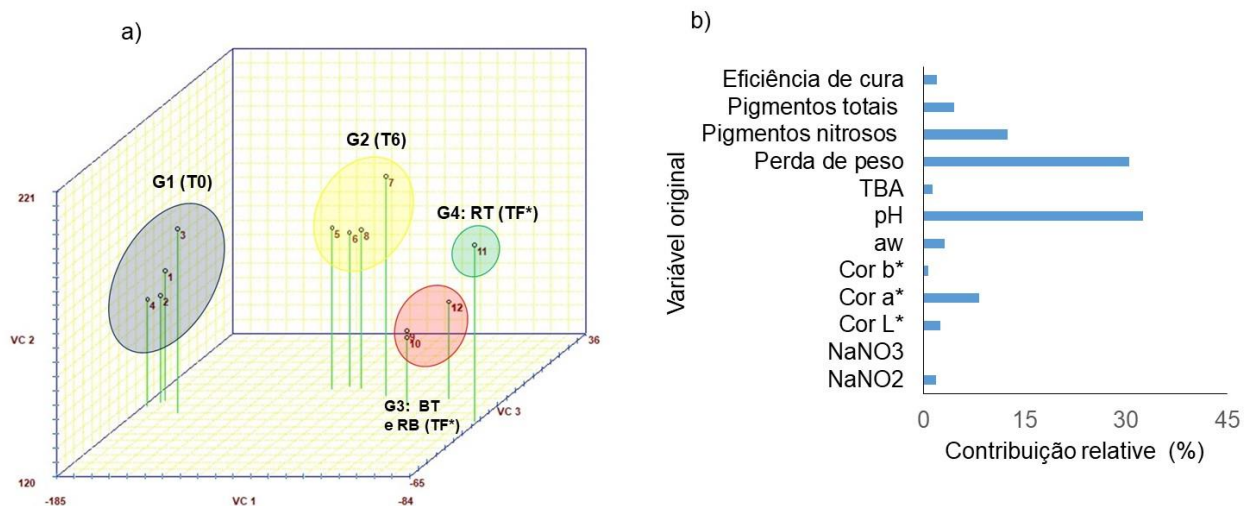
Proteínas como a miosina (220 kDa), tropomiosina (40 kDa) e actina (45 kDa) não apresentaram mudanças de coloração durante o processamento, provavelmente por serem mais resistentes à proteólise. Segundo Konić et al. (2013), a intensidade da cor de bandas no perfil eletroforético de proteínas de linguiça fermentada a seco está relacionada com a susceptibilidade proteica à proteólise.

4.7 Análise multivariada dos componentes principais e correlação de Pearson dos salames durante o processamento

As análises multivariadas e de correlação de Pearson são ferramentas importantes para compreender o efeito de cada variável no produto, tanto isoladamente quanto em conjunto com as outras. Assim, é possível observar melhor as alterações que ocorrem no produto e como elas afetam o processamento.

A dispersão gráfica (Figura 10 a) mostra os diferentes períodos (tempo inicial (T0), secagem (T6) e maturação (TF*)) e tratamentos (CT (controle), BT (beterraba), RT (rúcula), RB (beterraba/rúcula)). Os dados se apresentaram em 4 grupos: um com todos os tratamentos no início (T0); o segundo com todos os tratamentos após a fermentação (T6); contudo, no final da maturação, CT, BT e RB formaram um único grupo (G3); e somente RT ficou separado no grupo G4.

Figura 10. Variáveis canônicas das variáveis originais em salame tipo italiano ao longo do processamento. a) Gráfico de escala tridimensional das quatro primeiras variáveis canônicas. b) Contribuições relativas das variáveis originais.



G1: corresponde a todos os tratamentos no tempo 0 (CT: tratamento controle (nitrito e nitrato comercial), BT (pó de beterraba), RT (pó de rúcula) e RB (mistura de pós de beterraba e rúcula)). G2: corresponde a todos os tratamentos no tempo 6 (secagem). G3: BT, CT e RB no TF* e G4: RT no TF*. Os salames concluíram a maturação em dias diferentes, (RB (30 dias), BT e RT (36 dias) e CT (45 dias) (produtos prontos). Os números nos gráficos indicam as variáveis (1° (eficiência de cura), 2° (pigmentos totais), 3° (pigmentos nitrosos), 4° (perda de peso), 5° (TBA), 6° (pH), 7° (atividade de água), 8° (cor b*), 9° (cor a*), 10° (cor L*), 11° (NaNO₃) e 12° (NaNO₂)).

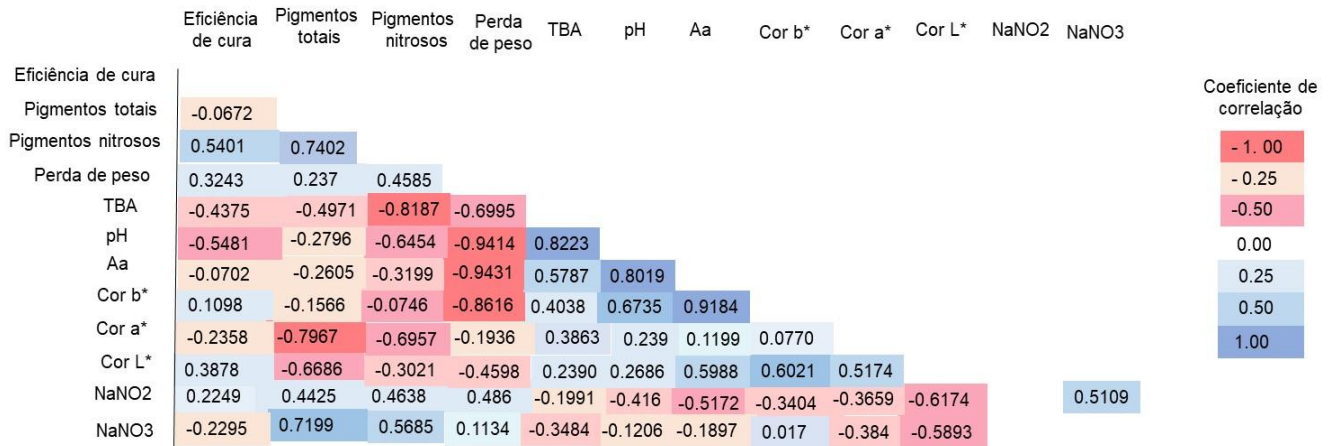
Esse agrupamento dos tratamentos nos grupos 1 e 2 provavelmente está relacionado à influência de alguns parâmetros que não diferiram estatisticamente ou não apresentaram diferenças tão exorbitantes entre os tratamentos (perda de peso, pH e Aa) (Tabela 9). No tempo final, formaram-se dois grupos: um só com RT, que se distanciou dos demais, possivelmente influenciado pelo conteúdo de NaNO_3 .

A Figura 10 b mostra a contribuição em % de cada variável original na variação total. A perda de peso e o pH influenciaram mais de 30% no processamento dos salames (Tabela 9). A perda de peso aumentou para todos os tratamentos, resultante da perda de umidade na secagem e maturação do produto, e o pH diminuiu, influenciado pelos processos fermentativos. O NaNO_3 influenciou menos, pois ele apenas apresentou grandes diferenças para o tratamento RT e não para os demais tratamentos (Figura 5).

Através da análise multivariada, percebe-se que os tratamentos BT e RB foram os que mais ficaram próximos ao controle, enquanto a amostra RT se distanciou do controle no TF*, nos indicando que para o produto pronto, o RT não se encaixaria no esperado quando comparado ao controle. Também ficou evidente quais os componentes que mais se alteraram durante o processamento (perda de peso e pH), o que colabora para um melhor entendimento das alterações que ocorrem no produto durante a sua fabricação.

A perda de peso teve uma correlação negativa elevada com pH e Aa e cor b^* , pois, como já explanado anteriormente, o salame perde umidade ao mesmo tempo que ocorrem diversas reações químicas por meio de processos fermentativos que culminam na redução dessas variáveis (Tabela 9).

Figura 11. Análise de correlação de Pearson



A perda de peso está fortemente relacionada com o pH, pois com a diminuição deste último, as proteínas ficam mais próximas do seu ponto isoelétrico. Nessa condição, as proteínas retêm menos água e têm mais hidrofobicidade na superfície (Bell *et al.*, 1983; Harrison *et al.*, 2003). Isso faz com que os produtos cárneos percam mais água, desta forma, quando o pH diminui a perda de peso aumenta.

Os valores de TBA tiveram uma correlação negativa com os pigmentos nitrosos, pois a baixa oxidação lipídica evita a degradação de pigmentos (AHN *et al.*, 2006). Os componentes com maior correlação positiva foram Aa com pH, pH com TBA e cor b* com Aa. Todas as diversas alterações físicas, químicas, enzimáticas e microbiológicas que ocorrem na maturação (Baumgartner, 1980) são responsáveis pelas várias correlações. Cada ingrediente adicionado à formulação do produto possui sua função particular e influência nas demais variáveis.

4.8 Caracterização do produto final

Os parâmetros físico-químicos dos salames no TF* estão representados na Tabela 11. As amostras não diferiram significativamente entre si ($p > 0,05$). Todos os tratamentos cumpriram a legislação brasileira (Brasil, 2000) para salame tipo italiano, que exige umidade máxima de 40% (os valores foram menores que 28%), conteúdo proteico mínimo de 25% e teor de lipídeos máximo de 32%.

Tabela 11. Caracterização do produto final (salames)

TRATAMENTOS	UMIDADE (%)	CINZAS (%)	PROTEÍNAS (%)	LIPÍDEOS (%)
CT	27,19±1,27 ^A	3,83±0,064 ^A	24,67±1,015 ^A	32,92±0,2 ^A
BT	27,72±0,121 ^A	3,58±0,56 ^A	23,38±2,87 ^A	30,86±1,47 ^A
RT	26,48±1,9 ^A	3,97±0,04 ^A	26,00±0,63 ^A	32,87±1,41 ^A
RB	28,63±2,83 ^A	3,70±0,200 ^A	25,55±1,314 ^A	31,36±2,34 ^A
Valor de P	0,4262	0,3253	0,1885	0,3121

Letras maiúsculas diferentes na coluna denotam diferença ($p < 0,05$) entre os tratamentos.

CT tratamento controle (nitrito e nitrato comercial), BT (pó de beterraba), RT (pó de rúcula) e RB (mistura de pós de beterraba e rúcula). TF (tempo final) os salames concluíram a maturação em dias diferentes. TF* (tempo final) os salames concluíram a maturação em dias diferentes, (RB (30 dias), BT e RT (36 dias) e CT (45 dias)).

O teor de cinzas dos salames foi de aproximadamente 4%. A legislação brasileira não define um limite para esse parâmetro, mas ele está de acordo com o encontrado por Cullere, Novelli e Zotte (2020) para salame tipo italiano. Assim, as fontes de nitrito testadas foram adequadas para todos os parâmetros avaliados.

Ozaki *et al.* (2021) analisaram linguiça fermentada a seco adicionada de 1% de pó de beterraba e encontraram valores próximos aos nossos, foram eles, lipídeos (22,14%), proteínas (29,92%) e cinzas (5,92%).

Deduch (2018) avaliou salame tipo italiano adicionado de extrato de alecrim e encontrou valores de umidade de 29,51% e cinzas de 4,24%. Park *et al.* (2016) estudaram salame com 5% de farinha de trigo sarraceno, obtiveram valores de umidade de uma média de 23,63% e cinzas de 5,30%, ficando próximos aos encontrados nesse estudo.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante dos resultados observados, pode-se considerar que as fontes de nitrito, em especial os tratamentos BT e RB, se apresentaram como uma possível alternativa ao uso nitrito e nitrato de sódio comercial, pois promoveram efeitos tecnológicos positivos aos salames (a^* , b^* , L^* , Aa , nitrito residual, eficiência de cura e parâmetros físico-químicos adequados). Podemos considerar que o tratamento RB desempenhou um ótimo resultado, e como esperado, a junção dos pós potencializou ações

tecnológicas no produto. Para estudos futuros, sugere-se o aprofundamento na conversão do nitrito em nitrato, utilizando-se novos microrganismos e condições de melhoramento dessa conversão, com o intuito de desvendar e melhorar a ação dos microrganismos em conjunto com o nitrito/nitrato em produtos cárneos.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUIAR, A. T. E.; GONÇALVES, C.; PATERNIANI, M. E. A. G. Z.; TUCCI, M. L. S. A.; CASTRO, C. E. F. **Instruções agrícolas para as principais culturas econômicas** Campinas: Instituto Agronômico, 2014. p. 362-36. (Boletim 200). Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Marcos-Perdonal/publication/269574287_Macadamia/links/5499966a0cf2d6581ab14eed/Macadamia.pdf. Acessado em: 16 de ago. 2022.

ABASSE, K. S; ESSIEN, E. E; ABBAS, M; YU, X; XIE, W; SUN, J; AKTER, L; COTE, A. Association between Dietary Nitrate, Nitrite Intake, and Site-Specific Cancer Risk: a systematic review and meta-analysis. **Nutrients**, [S.L.], v. 14, n. 3, p. 666, 4 fev. 2022. Disponível em: MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/nu14030666>. Acessado em: 12 de jun. 2024.

AHN, D.U. et al. Meat decontamination by irradiation. In: NOLLET, M.L.; TOLDRÁ, F. **Advanced technologies for meat processing**. New York: CRC Taylor e Francis, 2006. Cap.7, p.155-191.

AMARAL, A. B.; SILVA, M. V. da; LANNES, S. C. Da. S. Lipid oxidation in meat: mechanisms and protective factors: a review. **Food Science And Technology**, [S.L.], v. 38, n. 1, p. 1-15, dez. 2018. FapUNIFESP (SciELO). Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/fst.32518>. Acessado em: 17 de jul. 2022.

AMMOR, M. S; MAYO, B. Selection criteria for lactic acid bacteria to be used as functional starter cultures in dry sausage production: an update. **Meat Science**, [S.L.], v. 76, n. 1, p. 138-146, maio 2007. Elsevier BV. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.meatsci.2006.10.022>. Acessado em: 17 de jul. 2023.

ANVISA. Resolução da diretoria colegiada - RDC nº 272 de 14 de março de 2019. **Agência Nacional de Vigilância Sanitária**. Disponível em: <http://antigo.anvisa.gov.br/documents/10181/3437262/RDC_272_2019.pdf/b39e2979-4b68-4f9c-adbd-d8be6c0be543>. Acessado em: 15 de jul. 2022.

AOAC. **Official Methods of Analysis**. Washington: AOAC, 2000. 1018p.

AOAC. **Official Methods of Analysis Chemists**. official methods of analysis. 20th Edition. Rockville: AOAC international, 2016. 3172p.

ASIOLI, D; ASCHEMANN-WITZEL, J; CAPUTO, Vi; VECCHIO, R; ANNUNZIATA, A; NÆS, T; VARELA, P. Making sense of the “clean label” trends: a review of consumer food choice behavior and discussion of industry implications. **Food Research International**, [S.L.], v. 99, p. 58-71, set. 2017. Elsevier BV. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodres.2017.07.022>. Acessado em: 24 de jul. 2022.

AYKĎN-DINÇER, E.; GÜNGÖR, K. K.; ÇAĞLAR, E.; ERBAŞ, M. The use of beetroot extract and extract powder in sausages as natural food colorant. **International Journal Of Food Engineering**, [S.L.], v. 17, n. 1, p. 75-82, 24 ago. 2020. Walter de

Gruyter GmbH. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1515/ijfe-2019-0052>. Acessado em: 9 de jul. 2022.

BABARYKIN, D.; SMIRNOVA, G.; PUNDINSH, I.; VASILJEVA, S.; KRUMINA, G.; AGEJCHENKO, V. Red Beet (*Beta vulgaris*) Impact on Human Health. **Journal Of Biosciences And Medicines**, [S.L.], v. 07, n. 03, p. 61-79, 2019. Scientific Research Publishing, Inc. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.4236/jbm.2019.73007>. Acessado em: 30 de set. 2023.

BAUMGARTNER, P.A.; KLETTNER, P.G.; RODEL, W.. The influence of temperature on some parameters for dry sausage during ripening. **Meat Science**, [S.L.], v. 4, n. 3, p. 191-201, jul. 1980. Elsevier BV. Disponível em: [http://dx.doi.org/10.1016/0309-1740\(80\)90048-0](http://dx.doi.org/10.1016/0309-1740(80)90048-0). Acessado em: 20 de set. 2023.

BEDALE, W.; SINDELAR, J. J.; MILKOWSKI, Andrew L. Dietary nitrate and nitrite: benefits, risks, and evolving perceptions. **Meat Science**, [S.L.], v. 120, p. 85-92, out. 2016. Elsevier BV. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.meatsci.2016.03.009>. Acessado em: 17 jun. 2022.

BELL, E. A.; HENSCHER, A.; MORTIMORE, S. A. The effect of pH on the water-holding capacity and solubility of myofibrillar proteins. **International Journal of Food Science & Technology**, v. 18, n. 1, p. 75-85, 1983.

BEKHIT, A. E. A; MORTON, J. D.; BHAT, Z. F; KONG, L. Meat Color: factors affecting color stability. **Encyclopedia Of Food Chemistry**, [S.L.], p. 202-210, 2019. Elsevier. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/b978-0-08-100596-5.21665-x>. Acessado em: 02 de set. 2023.

BEYA, M. M.; NETZEL, M. E.; SULTANBAWA, Y.; SMYTH, H.; HOFFMAN, L. C. Plant-Based Phenolic Molecules as Natural Preservatives in Comminuted Meats: a review. **Antioxidants**, [S.L.], v. 10, n. 2, p. 263, 9 fev. 2021. MDPI AG. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.3390/antiox10020263>. Acessado em 17 de julho de 2022.

BIANCO JUNIOR, A; DAGUER, H; KINDLEIN, L. Baseline sodium nitrate and nitrite concentrations in fresh and processed meats. **Journal Of Food Composition And Analysis**, [S.L.], v. 105, p. 104227, jan. 2022. Elsevier BV. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jfca.2021.104227>.to de sódio basal nesses produtos pode aumentar. Acessado em: 03 de set. 2023.

BRASIL, resolução da diretoria colegiada - RDC nº 272, de 14 de março de 2019.estabelece os aditivos alimentares autorizados para uso em carnes e produtos cárneos, diário oficial da união. Disponível em: https://www.in.gov.br/web/guest/materia//asset_publisher/kujrw0tzc2mb/content/id/67378977/do1-2019-03-18-resolucao-da-diretoria-colegiada-rdc-n-272-de-14-de-marco-de-2019-67378770. Acessado em: 03 de set. 2023.

BRASIL. Instrução Normativa nº 3, de 17 de janeiro de 2000. Regulamento técnico de métodos para o abate humanitário de animais de açougue. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, 2000.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), secretaria de defesa agropecuária, instrução normativa, nº 22, de 31 de julho de 2000. Disponível em: <https://www.cidasc.sc.gov.br/inspecao/files/2020/09/IN-MAPA-n%C2%BA-22-de-31-de-julho-de-2000.pdf>. Acessado em: 17 de jan. 2024.

BRASIL. Secretaria de Vigilância Sanitária; Ministério da Saúde (SVS/MS). Portaria nº 540, de 27 de outubro de 1997. Aprova o Regulamento Técnico: aditivos alimentares definições, classificação e emprego. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil. Brasília, DF: Poder Executivo, 28 out. 1997. Disponível em: http://portal.anvisa.gov.br/documents/33916/391619/PORTARIA_540_1997.pdf/3c55fd22-d503-4570-a98b-30e63d85bdad. Acessado em: 1 set 2022.

BRASIL. Padronização dos Cortes de Carne Bovina, proposta pela Divisão de Padronização e Classificação de Produtos de Origem Animal (DIPAC), portaria nº 5, de 8 de novembro de 1988. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). Decreto nº 30.691, de 29 de março de 1952. Disponível em: https://www.gov.br/agricultura/ptbr/assuntos/defesaagropecuaria/copy_of_suas_a/regulamentos-tecnicos-deidentidade-e-qualidade-de-produtos-de-origemanimal1/ilovepdf_merged.pdf. Acessado em: 16 de set. 2023.

CAN, H; SARđ, B; KAVUŞAN, H s; SERDAROĞLU, M. Arugula and pre-converted arugula extract as natural Nitrate/Nitrite sources for heat-treated sausages. **IOP Conference Series: Earth and Environmental Science**, [S.L.], v. 854, n. 1, p. 012013, 1 out. 2021. IOP Publishing. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1088/1755-1315/854/1/012013>. Acessado em: 24 de jul. 2022.

CAROCHO, M; BARREIRO, M. F; MORALES, P; FERREIRA, I. C.F.R. 2014. Adding molecules to food, pros and cons: A review on synthetic and natural food additives. **Comprehensive Reviews Food Science and Food Safety** 13 (4):377–99. Disponível em: doi: 10.1111/1541-4337.12065. Acessado em: 15 de ago. 2023.

CARPENTER, C. E; CORNFORTH, D. P; WHITTIER, Dick. Consumer preferences for beef color and packaging did not affect eating satisfaction. **Meat Science**, [S.L.], v. 57, n. 4, p. 359-363, abr. 2001. Elsevier BV. Disponível em: [http://dx.doi.org/10.1016/s0309-1740\(00\)00111-x](http://dx.doi.org/10.1016/s0309-1740(00)00111-x). Acessado em: 02 de set. 2023.

CASABURI, A.; BLAIOTTA, G.; MAURIELLO, G.; PEPE, O.; VILLANI, F. Technological activities of *Staphylococcus carnosus* and *Staphylococcus simulans* strains isolated from fermented sausages. **Meat Science**, [S.L.], v. 71, n. 4, p. 643-650, dez. 2005. Elsevier BV. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.meatsci.2005.05.008>. Acessado em: 15 de jul. 2022.

CEGIEŁKA, A. “clean label” as one of the leading trends in the meat industry in the world and in poland – a review. **Rocz. Panstw. Zakł. Hig.** v. 71, p. 43–55. 2020.

Disponível em: <https://doi.org/10.32394/rpzh.2020.0098> R. Acessado em: 16 de maio. 2024.

CHAWLA, S.P; CHANDER, R. Microbiological safety of shelf-stable meat products prepared by employing hurdle technology. **Food Control**, [S.L.], v. 15, n. 7, p. 559-563, out. 2004. Elsevier BV. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodcont.2003.09.001>. Acessado em: 29 de set. 2023.

CHAVES-LÓPEZ, C; PAPARELLA, A; TOFALO, R; SUZZI, G. Proteolytic activity of *Saccharomyces cerevisiae* strains associated with Italian dry-fermented sausages in a model system. *International Journal Of Food Microbiology*, [S.L.], v. 150, n. 1, p. 50-58, out. 2011. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2011.07.017>. Acessado em: 12 de fev. 2024.

CHEN, J. H.; REN, Y.; SEOW, J.; LIU, T.; BANG, W. S.; YUK, H. G.. Intervention Technologies for Ensuring Microbiological Safety of Meat: current and future trends. **Comprehensive Reviews In Food Science And Food Safety**, [S.L.], v. 11, n. 2, p. 119-132, 29 fev. 2012. Wiley. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1111/j.1541-4337.2011.00177.x>. Acessado em: 29 de set. 2023.

CHENG, Y; JIANG, X; XUE, Y; QI, F; DAI, Z; GUAN, D; KONG, Lingming. Effect of three different proteases on horsemeat tenderness during postmortem aging. **Journal Of Food Science And Technology**, [S.L.], v. 58, n. 7, p. 2528-2537, 7 set. 2020. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s13197-020-04759-x>. Acessado em: 20 de fev de 2024.

CHEN, Q; LIU, Q; SUN, Q; KONG, B; XIONG, Y. Flavour formation from hydrolysis of pork sarcoplasmic protein extract by a unique LAB culture isolated from Harbin dry sausage. **Meat Science**, [S.L.], v. 100, p. 110-117, fev. 2015. Elsevier BV. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.meatsci.2014.10.001>. Acessado em: 07 de jan. 2024.

CHOI, Y. S., CHOI, J. H., HAN, D. J., KIM, H. Y., LEE, M. A., JEONG, J. Y.; KIM, C. J. Effects of replacing pork back fat with vegetable oils and rice bran fiber on the quality of reduced-fat frankfurters. *Meat Science*, v. 84, p. 557-563, 2010. Disponível em: doi: 10.1016/j.meatsci.2009.10.012. Acessado em 29 de set. 2023.

COCOLIN, L; DOLCI, P; RANTSIOU, K. Biodiversity and dynamics of meat fermentations: the contribution of molecular methods for a better comprehension of a complex ecosystem. **Meat Science**, [S.L.], v. 89, n. 3, p. 296-302, nov. 2011. Elsevier BV. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.meatsci.2011.04.011>. Acessado em: 10 de set. 2023.

CORLETO, K. A.; SINGH, J; JAYAPRAKASHA, G. K.; PATIL, B. S. Storage Stability of Dietary Nitrate and Phenolic Compounds in Beetroot (*Beta vulgaris*) and Arugula (*Eruca sativa*) Juices. **Journal Of Food Science**, [S.L.], v. 83, n. 5, p. 1237-1248, 16 abr. 2018. Wiley. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1111/1750-3841.14129>. Acessado em: 19 jun. 2022.

CULLERE, M; NOVELLI, E; ZOTTE, A. D. Fat Inclusion Level, NaCl Content and LAB Starter Cultures in the Manufacturing of Italian-Type Ostrich Salami: weight loss and nutritional traits. **Foods**, [S.L.], v. 9, n. 4, p. 476, 10 abr. 2020. MDPI AG. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.3390/foods9040476>. Acessado em: 14 de ago. 2023.

CZYŚOWSKA, A; SIEMIANOWSKA, K; ŚNIADOWSKA, M; NOWAK, A. Bioactive Compounds and Microbial Quality of Stored Fermented Red Beetroots and Red Beetroot Juice. **Polish Journal Of Food And Nutrition Sciences**, [S.L.], v. 70, n. 1, p. 35-44, 12 fev. 2020. Institute of Animal Reproduction and Food Research of the Polish Academy of Sciences. <http://dx.doi.org/10.31883/pjfn/116611>. Acessado em: 10 de jan. 2024.

DE MEY, E.; DE MAERE, H.; PAELINCK, H.; FRAEYE, I. Potential precursors, influence of processing, and mitigation strategies. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 57, n. 13, p. 2909-2923, 2017. Disponível em: <http://www.tandfonline.com/loi/bfsn20>. Acessado em: 10 de set. 2023.

DELGADO-PANDO, G; EKONOMOU, S. I.; STRATAKOS, A. C.; PINTADO, T. Clean Label Alternatives in Meat Products. **Foods**, [S.L.], v. 10, n. 7, p. 1615, 13 jul. 2021. Disponível em: MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/foods10071615>. Acessado em: 13 de nov. 2022.

DEDUCH, G. **Desenvolvimento e avaliação físico-química do salame tipo italianinho com substituição parcial de cloreto de sódio**. 2018. 40 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, 2018. Disponível em: https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/12404/1/LD_COALM_2018_2_03.pdf . Acessado em: 21 fev. 2024.

DOMÍNGUEZ, R; MUNEKATA, P. E. S.; PATEIRO, M; MAGGIOLINO, A; BOHRER, B; LORENZO, J. M.. Red Beetroot. A Potential Source of Natural Additives for the Meat Industry. **Applied Sciences**, [S.L.], v. 10, n. 23, p. 8340, 24 nov. 2020. MDPI AG. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.3390/app10238340>. Acessado em: 30 de set de 2023.

DIAS, L. A; SILVEIRA, P. H. A. M.; OMURA, S. S; GARCIA, B; OLIVEIRA, R. E. V. de; PEREIRA, M da S. C. Determination of Chlorophylls and Carotenoids Contents in Lettuce, Arugula and Chive. **Brazilian Journal Of Animal And Environmental Research**, [S.L.], v. 3, n. 4, p. 3100-3107, 2020. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.34188/bjaerv3n4-030>. Acessado em: 12 de out. 2023.

DUTRA, M. P; CARDOSO, G. P; FONTES, P. R; SILVA, D. R. G; PEREIRA, M. T; RAMOS, A de. L. S; RAMOS, E. M. Combined effects of gamma radiation doses and sodium nitrite content on the lipid oxidation and color of mortadella. **Food Chemistry**, [S.L.], v. 237, p. 232-239, dez. 2017. Elsevier BV. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.05.108>. Acessado em: 20 de set. 2023.

FERYSIUK, K; WÓJCIAK, K. M.. Reduction of Nitrite in Meat Products through the Application of Various Plant-Based Ingredients. **Antioxidants**, [S.L.], v. 9, n. 8, p. 711, 5 ago. 2020. MDPI AG. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.3390/antiox9080711>. Acessado em: 11 de mar. 2023.

FLORES, M; TOLDRÁ, F. Chemistry, safety, and regulatory considerations in the use of nitrite and nitrate from natural origin in meat products - Invited review. **Meat Science**, [S.L.], v. 171, p. 108272, jan. 2021. Elsevier BV. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.meatsci.2020.108272>. Acessado em: 7 de nov. 2022.

FRAQUEZA, M. J; LARANJO, M; ELIAS, M; PATARATA, L. Microbiological hazards associated with salt and nitrite reduction in cured meat products: control strategies based on antimicrobial effect of natural ingredients and protective microbiota. **Current Opinion In Food Science**, [S.L.], v. 38, p. 32-39, abr. 2021. Elsevier BV. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.cofs.2020.10.027>. Acessado em: 20 de set. 2023.

FYTIANOS, K.;ZAROGIANNIS, P. Nitrate and Nitrite Accumulation in Fresh Vegetables from Greece. **Bulletin Of Environmental Contamination And Toxicology**, [S.L.], v. 62, n. 2, p. 187-192, 1 fev. 1999. Springer Science and Business Media LLC. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1007/s001289900858>. Acessado em: 08 de out. 2023.

GAN, X; LI, H; WANG, Z; EMARA, A.M.; ZHANG, D; HE, Z. Does protein oxidation affect proteolysis in low sodium Chinese traditional bacon processing? **Meat Science**, [S.L.], v. 150, p. 14-22, abr. 2019. Elsevier BV. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.meatsci.2018.10.007>. Acessado em: 07 de jan. 2024.

GRISPOLDI, L; KARAMA, M; EL-ASHRAM, S; SARAIVA, C; GARCÍA-DÍEZ, J; CHALIAS, A; GENNIS, M. de; VANNUCCINI, A; POERIO, Giusi; TORLAI, P. A study on the application of natural extracts as alternatives to sodium nitrite in processed meat. **Journal Of Food Processing And Preservation**, [S.L.], v. 46, n. 3, p. 1-7, 17 jan. 2022. Hindawi Limited. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1111/jfpp.16351>. Acessado em: 11 de mar. 2023.

GØTTERUP, J; OLSEN, K; KNØCHEL, S; TJENER, K; STAHNKE, L. H.; MØLLER, J K s.Colour formation in fermented sausages by meat-associated staphylococci with different nitrite- and nitrate-reductase activities. **Meat Science**, [S.L.], v. 78, n. 4, p. 492-501, abr. 2008. Elsevier BV. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.meatsci.2007.07.023>. Acessado em: 19 de jul. 2022.

HAMID, N. F. H. A; KHAN, M. M; LIM, L. H. Assessment of nitrate, nitrite and chloride in selected cured meat products and their exposure to school children in Brunei Darussalam. **Journal Of Food Composition And Analysis**, [S.L.], v. 91, p. 103520, ago. 2020. Elsevier BV. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jfca.2020.103520>. Acessado em: 19 de jul. 2022.

HAMMES, Walter. P; BANTLEON, Annegret; MIN, Seunghwa. Lactic acid bacteria in meat fermentation. **Fems Microbiology Letters**, [S.L.], v. 87, n. 1-2, p. 165-174, set.

1990. Oxford University Press (OUP). Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1111/j.1574-6968.1990.tb04886.x>. Acessado em: 11 de set. 2023.

HARRISON, S. M.; CALLAGHAN, O, Y. C; SULLIVAN, M.; KERRY, J. P. The effect of the timing of initial post-slaughter pH decline on the color and texture of pork. **Meat Science**, v. 65, n. 3, p. 1133-1140, 2003.

HERRMANN, S.s.; GRANBY, K.; DUEDAHL-OLESEN, L.. Formation and mitigation of N-nitrosamines in nitrite preserved cooked sausages. **Food Chemistry**, [S.L.], v. 174, p. 516-526, maio 2015. Elsevier BV. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.11.101>. Acessado em: 10 de set. 2023.

HOLCK, A; AXELSSON, L; MCLEOD, A; RODE, T. M; HEIR, E. Health and Safety Considerations of Fermented Sausages. **Journal Of Food Quality**, [S.L.], v. 2017, p. 1-25, 2017. Hindawi Limited. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1155/2017/9753894>. Acessado em: 6 de nov. 2022.

HONIKEL, K. The use and control of nitrate and nitrite for the processing of meat products. **Meat Science**, [S.L.], v. 78, n. 1-2, p. 68-76, jan. 2008. Elsevier BV. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.meatsci.2007.05.030>. Acessado em: 13 de ago. 2023.

HONIKEL, K. O. CHEMICAL ANALYSIS FOR SPECIFIC COMPONENTS | Curing Agents. **Encyclopedia Of Meat Sciences**, [S.L.], p. 200-205, 2014. Elsevier. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/b978-0-12-384731-7.00059-3>. Acessado em: 24 de jul. 2022.

HORNSEY. H.C. The colour of cooked cured pork. I.—Estimation of the nitric oxide-Haem pigments. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.7 p. 534-540. 1956. Disponível em: [10.1002/jsfa.2740070804](https://doi.org/10.1002/jsfa.2740070804). Acessado em: 09 de set. 2023.

HWANG, K; KIM, T; KIM, H; SEO, D; KIM, Y; JEON, K; CHOI, Y. Effect of natural pre-converted nitrite sources on color development in raw and cooked pork sausage. **Asian-Australasian Journal Of Animal Sciences**, [S.L.], v. 31, n. 8, p. 1358-1365, 1 ago. 2018. Asian Australasian Association of Animal Production Societies. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.5713/ajas.17.0767>. Acessado em: 09 de set. 2023.

IAMMARINO, M; MARINHO, R; ALBENZIO, M. How meaty? Detection and quantification of adulterants, foreign proteins and food additives in meat products, **International Journal of Food Science and Technology**, v. 52, p. 851–863. 2017. Disponível em: <https://ifst-onlinelibrary-wiley.ez15.periodicos.capes.gov.br/doi/full/10.1111/ijfs.13350>. Acessado em: 20 de nov. 2022.

IARC. Red Meat and Processed Meat volume 114. Lyon, France: IARC monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans. (2018). Disponível em:

<https://monographs.iarc.fr/wp-content/uploads/2018/06/mono114.pdf>. Acessado em: 02 set. 2023.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz**: Métodos químicos e físicos para análise de alimentos. 1ª ed. Digital. São Paulo: IMESP,2008.

ISO: INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARIZATION. Determination of nitrite content, ISO 2918:1975 standard. In International standards meat and meat Product-Genève. **Switzerland: International Organization for Standarization**. p. 5669, jul. 1975. Acessado em: 02 set. 2023.

IKONIĆ, P; TASIĆ, T; PETROVIĆ, L; ĹKALJAC, S; JOKANOVIĆ, M; MANDIĆ, A; IKONIĆ, B. Proteolysis and biogenic amines formation during the ripening of Petrovská klobása, traditional dry-fermented sausage from Northern Serbia. **Food Control**, [S.L.], v. 30, n. 1, p. 69-75, mar. 2013. Elsevier BV. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodcont.2012.06.021>. Acessada em: 07 de jan. 2024.

JACKSON, A. L.; KULCHAIYAWAT, C; SULLIVAN, G. A.; SEBRANEK, J. G.; DICKSON, J. S. Use of Natural Ingredients To Control Growth of Clostridium perfringens in Naturally Cured Frankfurters and Hams. **Journal Of Food Protection**, [S.L.], v. 74, n. 3, p. 417-424, mar. 2011. Elsevier BV. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.4315/0362-028x.jfp-10-365>. Acessado em: 20 de set. 2023.

JEFFREY, J; SINDELAR; ANDREW, L; MILKOWSKI. Sodium Nitrite in Processed Meat and Poultry Meats: A Review of Curing and Examining the Risk/Benefit of Its Use. American Meat Science p. 1-15. Association White Paper Series. nov. 2011. Disponível: <http://www.meatscience.org/SodiumNitriteReview.aspx>. Acessado em: 11 jun. 2024.

JO, K; LEE, S; YONG, H. I; CHOI, Y; JUNG, S. Nitrite sources for cured meat products. **Lwt**, [S.L.], v. 129, p. 109583, jul. 2020. Elsevier BV. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.lwt.2020.109583>. Acessado em: 5 de set. 2023.

JOHNE, A.; FILTER, M.; GAYDA, J.; BUSCHULTE, A.; BANDICK, N.; NÖCKLER, K.; MAYER-SCHOLL, A. Reprint of: survival of trichinella spiralis in cured meat products. **Veterinary Parasitology**, [S.L.], v. 297, p. 109544, set. 2021. Elsevier BV. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.vetpar.2021.109544>. Acessado em 16 de jul. 2022.

KARBOWIAK, M; SZYMAŃSKI, Piotr; ZIELIŃSKA, D. Synergistic Effect of Combination of Various Microbial Hurdles in the Biopreservation of Meat and Meat Products—Systematic Review. **Foods**, [S.L.], v. 12, n. 7, p. 1430, 28 mar. 2023. MDPI AG. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.3390/foods12071430>. Acessado em: 24 de jul. 2022.

KARWOWSKA, M; KONONIUK, A. Nitrates/Nitrites in Food—Risk for Nitrosative Stress and Benefits. **Antioxidants**, [S.L.], v. 9, n. 3, p. 241, 16 mar. 2020. MDPI AG.

Disponível em: <http://dx.doi.org/10.3390/antiox9030241>. Acessado em: 11 de mar. 2023.

KEYATA, E. O; TOLA, Y. B.; BULTOSA, G; FORSIDO, Sirawdink Fikreyesus. Phytochemical contents, antioxidant activity and functional properties of *Raphanus sativus* L, *Eruca sativa* L. and *Hibiscus sabdariffa* L. growing in Ethiopia. **Heliyon**, [S.L.], v. 7, n. 1, p. 05939, jan. 2021. Elsevier BV. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e05939>. Acessado em: 22 de jul. 2022.

KIM, H; HWANG, K; SONG, D; KIM, Y; HAM, Y; YEO, E; JEONG, T; CHOI, Y; KIM, Cheon-Jei. Effect of Pre-rigor Salting Levels on Physicochemical and Textural Properties of Chicken Breast Muscles. **Korean Journal For Food Science Of Animal Resources**, [S.L.], v. 35, n. 5, p. 577-584, 31 out. 2015. Korean Society for Food Science of Animal Resources. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.5851/kosfa.2015.35.5.577>. Acessado em: 22 de out. 2023.

KOIZUMI, C.; BROWN, W. D. formation of nitric oxide myoglobin by nicotinamide adenine dinucleotides and flavins. **Journal Of Food Science**, [S.L.], v. 36, n. 7, p. 1105-1109, 28 jun. 2008. Wiley. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2621.1971.tb03357.x>. Acessado em: 22 de out. 2023.

KO, Y. M; PARK, J. H; YOON, K. S. Nitrite formation from vegetable sources and its use as a preservative in cooked sausage. **Journal Of The Science Of Food And Agriculture**, [S.L.], v. 97, n. 6, p. 1774-1783, 25 ago. 2016. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1002/jsfa.7974>. Acessado em: 22 de out. 2023.

LAGES, L. Z; RADÜNZ, M; GONÇALVES, B. T; ROSA, R. S. da; FOUCHY, M. V; CONCEIÇÃO, R de. C dos. S da; GULARTE, M. A; MENDONÇA, C. R. B; GANDRA, E. A. Microbiological and sensory evaluation of meat sausage using thyme (*Thymus vulgaris*, L.) essential oil and powdered beet juice (*Beta vulgaris* L., Early Wonder cultivar). **Lwt**, [S.L.], v. 148, p. 111794, ago. 2021. Elsevier BV. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.lwt.2021.111794>. Acessado em: 06 de nov. 2022.

LANA, M. M.; SANTOS, F. F. dos; MATOS, M. J. L. F.; TAVARES, S. A.; MELO, M. F. de. Beterraba. Como comprar. Como conservar. Como consumir. Dicas. Patê de beterraba. Bolo de beterrabão. **Embrapa**, 2020. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/216807/1/CCCC-16-Beterraba-2020.pdf>. Acessado em: 17 de jul. 2022.

LEAMMLI, UK. Cleavage of structural proteins during the assembly of the head of bacteriophage. *Nature*, 227, 680-658, 1970.

LIAO, H; CHUNG, Y; HSIEH, M. Glutamate: a multifunctional amino acid in plants. **Plant Science**, [S.L.], v. 318, p. 111238, maio 2022. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.plantsci.2022.111238>. Acessado em: 17 de jan. 2024.

LINDQVIST, R; LINDBLAD, M. Inactivation of *Escherichia coli*, *Listeria monocytogenes* and *Yersinia enterocolitica* in fermented sausages during

maturation/storage. **International Journal Of Food Microbiology**, [S.L.], v. 129, n. 1, p. 59-67, 31 jan. 2009. Elsevier BV Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2008.11.011>. Acessado em: 20 de set. 2023.

LORENZO, J. M; PATEIRO, M; DOMÍNGUEZ, R; BARBA, F. J.; PUTNIK, P; KOVAČEVIĆ, D. B; SHPIGELMAN, A; GRANATO, D; FRANCO, D. Berries extracts as natural antioxidants in meat products: a review. **Food Research International**, [S.L.], v. 106, p. 1095-1104, abr. 2018. Elsevier BV. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodres.2017.12.005>. Acessado em: 4 de ago. 2023.

MARCHES, C. M; CICHOSKI, A. J; ZANOELO, E. F; DARIVA, C. Influência das condições de armazenamento sobre os pigmentos cárneos e a cor do salame italiano fatiado. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, [S.L.], v. 26, n. 3, p. 697-704, set. 2006. FapUNIFESP (SciELO). Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/s0101-20612006000300033>. Acessado em: 24 de out. 2023.

MAJOU, D.; CHRISTIEANS, Souad. Mechanisms of the bactericidal effects of nitrate and nitrite in cured meats. **Meat Science**, [S.L.], v. 145, p. 273-284, nov. 2018. Elsevier BV. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.meatsci.2018.06.013>. Acessado em: 15 de out. 2022.

MANIKANDAN, V. S.; LIU, Z; CHEN, A. Simultaneous detection of hydrazine, sulfite, and nitrite based on a nanoporous gold microelectrode. **Journal Of Electroanalytical Chemistry**, [S.L.], v. 819, p. 524-532, jun. 2018. Elsevier BV. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jelechem.2018.02.004>. Acessado em: 30 de jun. 2023.

MARTÍNEZ, L.; BASTIDA, P.; CASTILLO, J; ROS, G.; NIETO, G. G. Alternatives to Synthetic Antioxidants, Antimicrobials, Nitrates, and Nitrites in Clean Label Spanish Chorizo. **Antioxidants**, [S.L.], v. 8, n. 6, p. 184, 19 jun. 2019. MDPI AG. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.3390/antiox8060184>. Acessado em: 1 de jul. 2022.

MARTÍNEZ-ZAMORA, L; PEÑALVER, R; ROS, G; NIETO, G. Substitution of synthetic nitrates and antioxidants by spices, fruits and vegetables in Clean label Spanish chorizo. **Food Research International**, [S.L.], v. 139, p. 109835, jan. 2021. Elsevier BV. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109835>. Acessado em: 6 de nov. 2022.

MARTINS, F. C.O.L.; SENTANIN, M. A.; SOUZA, Djénaine de. Analytical methods in food additives determination: compounds with functional applications. **Food Chemistry**, [S.L.], v. 272, p. 732-750, jan. 2019. Elsevier BV. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.08.060>. Acessado em: 30 de jun. 2023.

MAURIELLO, G; CASABURI, A. VILLANI F. Proteolytic activity of *Staphylococcus xylosus* strains on pork myofibrillar and sarcoplasmic proteins and use of selected strains in the production of 'Naples type' salami. *Journal of Applied Microbiology*. V. 92, p. 482 – 490. Setem 2002. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/11872124/>. Acessado em: 10 de jan. 2024.

MOLINA, D. A. R; DAZA, M. C. R; ZABALA, M. E. A. Obtaining nitrite from vegetables sources by fermentative process using nitrate-reducing bacteria *Staphylococcus carnosus* and *S. xylosus*. **Dyna**, [S.L.], v. 86, n. 210, p. 254-261, 1 jul. 2019. Universidad Nacional de Colombia. <http://dx.doi.org/10.15446/dyna.v86n210.77377>. Acessado em: 31 de jan. 2024.

MUNEKATA, P. E. S; PATEIRO, M; DOMÍNGUEZ, R; POLLONIO, M. A. R; SEPÚLVEDA, N; ANDRES, S. C; REYES, J; SANTOS, E. M; LORENZO, J. Beta vulgaris as a natural nitrate source for meat products: a review. **Foods**, v. 10 n. 2094, 2-12 p, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/foods10092094>, Acessado em: 23 jun. 2022

NADER, M; HOSSEININEZHAD, B; BERIZI, E; MAZLOOMI, S. M; HOSSEINZADEH, S; ZARE, M; DERAKHSHAN, Z; CONTI, G. O; FERRANTE, M. The residual nitrate and nitrite levels in meat products in Iran: a systematic review, meta-analysis and health risk assessment. **Environmental Research**, [S.L.], v. 207, p. 112180, maio 2022. Elsevier.BV. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.envres.2021.112180>. Acessado em: 10 de set. 2023.

ODOH, U. E. AND OKORO, E. C. Quantitative Phytochemical, Proximate/Nutritive Composition Analysis Of Beta Vulgaris Linnaeus (Chenopodiaceae). **International Journal of Current Research** V. 5, n. 12, p. 3723-3728, Dez, 2013, Disponível em: [WELCOME TO IJCR | International Journal of Current Research \(journalcra.com\)](http://www.welcome-to-jcr.com/). Acessado em: 1 de out. 2023.

OZAKI, M. M; MUNEKATA, Paulo E.s.; JACINTO-VALDERRAMA, Rickyn Alexander; EFRAIM, Priscilla; PATEIRO, Mirian; LORENZO, José Manuel; POLLONIO, Marise Aparecida Rodrigues. Beetroot and radish powders as natural nitrite source for fermented dry sausages. **Meat Science**, [S.L.], v. 171, p. 108275, jan. 2021. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.meatsci.2020.108275>. Acessado em: 23 jun. 2022.

ORDÓÑEZ, J. A.; HIERRO, E. M.; BRUNA, J. M.; LAHOZ, L de. Changes in the Components of Dry-Fermented Sausages during Ripening. **Critical Reviews In Food Science And Nutrition**, [S.L.], v. 39, n. 4, p. 329-367, maio 1999. Informa UK Limited. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1080/10408699991279204>. Acessado em: 10 de set. 2023.

OZDESTAN, O.; UREN. A. Development of a Cost-Effective Method for Nitrate and Nitrite Determination in Leafy Plants and Nitrate and Nitrite Contents of Some Green Leafy Vegetables Grown in the Aegean Region of Turkey. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. v. 58, n. 9, p. 5235–5240, dez. 2010. Disponível em: <https://pubsacsorg.ez15.periodicos.capes.gov.br/doi/full/10.1021/jf904558c>. Acessado em: 14 de ago. 2023.

ÖZVURAL, E. B; VURAL, H. THE EFFECTS OF GRAPE SEED EXTRACT ON QUALITY CHARACTERISTICS OF FRANKFURTERS. **Journal Of Food Processing And Preservation**, [S.L.], v. 36, n. 4, p. 291-297, 25 out. 2011. Hindawi Limied.

Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1111/j.1745-4549.2011.00587.x>. Acessado em: 22 de out. 2023.

PARTHASARATHY, D. K.; BRYAN, N. S. Sodium nitrite: the cure for nitric oxide insufficiency. **Meat Science**, [S.L.], v. 92, n. 3, p. 274-279, nov. 2012. Elsevier BV. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.meatsci.2012.03.001>. Acessado em: 5 de set. 2023.

PASINI, F, SOGLIA, F. PETRACCI, M. CABONI, M.F. MARZIALI, S. MONTANARI, C; GARDINI, F; GRAZIA, L; TABANELLI, J; Effect of fermentation with different lactic acid bacteria starter cultures on biogenic amine content and ripening patterns in dry fermented sausages *Nutrients*, 10 (10) (2018), p. 1497. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2072-6643/10/10/1497>, Acessado em: 24 de set 2023.

PATARATA, L; MARTINS, S; SILVA, J. A; FRAQUEZA, M. J. Red Wine and Garlic as a Possible Alternative to Minimize the Use of Nitrite for Controlling Clostridium Sporogenes and Salmonella in a Cured Sausage: safety and sensory implications. **Foods**, [S.L.], v. 9, n. 2, p. 206, 17 fev. 2020. MDPI AG. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.3390/foods9020206>. Acessado em: 7 de nov. 2022.

PARR, M. K; JOSEPH, J. F. NDMA impurity in valsartan and other pharmaceutical products: analytical methods for the determination of n-nitrosamines. **Journal Of Pharmaceutical And Biomedical Analysis**, [S.L.], v. 164, p. 536-549, fev. 2019. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jpba.2018.11.010>.

PIGNONE, D. Present status of rocket genetic resources and conservation activities. In: PADULOSI, S. PIGNONE, D. Rocket: a Mediterranean crop for the world. Report of a Workshop 13-14 dez. Plant Genetic Resources Institute, Rome, Italy, 1997. Disponível em: https://cgspace.cgiar.org/bitstream/handle/10568/104448/Rocket_a_Mediterranean_crop_for_the_world_234.pdf?sequence=3&isAllowed=y. Acessado em: 01 de out. 2023.

PRICE, J.F., SCHWEIGERT, B.S. Ciência de la carne y de los productos cárnicos. Zaragoza: Acribia, 1994. 581p. ROÇA, R.O. Tecnologia da carne e produtos derivados. Botucatu: Faculdade de Ciências Agrônômicas, UNESP, 2000. 202p

RAVICHANDRAN, K; SAW, N. M. M. T; MOHDALY, A. A.A.; GABR, A. M. M.; KASTELL, A; RIEDEL, H; CAI, Z; KNORR, D; SMETANSKA, Ir. Impact of processing of red beet on betalain content and antioxidant activity. **Food Research International**, [S.L.], v. 50, n. 2, p. 670-675, mar. 2013. Elsevier BV. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodres.2011.07.002>. Acessado em: 17 de jul. 2022.

RIVERA, N; BUNNING, M; MARTIN, J. Uncured-Labeled Meat Products Produced Using Plant-Derived Nitrates and Nitrites: chemistry, safety, and regulatory considerations. **Journal Of Agricultural And Food Chemistry**, [S.L.], v. 67, n. 29, p.

8074-8084, 25 jun. 2019. American Chemical Society (ACS). Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1021/acs.jafc.9b01826>. Acessado em: 16 de set. 2023.

ROSMINI, M.R.; PERLO, F.; PÉREZ-ALVAREZ, J.A.; PAGÁN-MORENO, M.J.; GAGO-GAGO, A.; LÓPEZ-SANTOVEÑA, F.; ARANDA-CATALÁ, V.. TBA test by an extractive method applied to 'paté'. **Meat Science**, [S.L.], v. 42, n. 1, p. 103-110, jan. 1996. Elsevier BV. Disponível em: [http://dx.doi.org/10.1016/0309-1740\(95\)00010-0](http://dx.doi.org/10.1016/0309-1740(95)00010-0). Acesso em: 1 de ago. 2023.

SANTAMARIA, P. Nitrate in vegetables: toxicity, content, intake and ec regulation. **Journal Of The Science Of Food And Agriculture**, [S.L.], v. 86, n. 1, p. 10-17, 2005. Wiley. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1002/jsfa.2351>. Acessado em: 08 de out. 2023.

SERDAROĞLU, M; CAN, H; SARđ, B; KAVUŞAN, H. S; YđLMAZ, Fatih Mehmet. Effects of natural nitrite sources from arugula and barberry extract on quality characteristic of heat-treated fermented sausages. **Meat Science**, [S.L.], v. 198, p. 109090, abr. 2023. Elsevier BV. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.meatsci.2022.109090>. Acessado em: 01 de outubro de 2023.

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**, [S.L.], v. 11, n. 21, p. 3355, 25 out. 2022. MDPI AG. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.3390/foods11213355>. Acessado em: 11 de jun. 2024.

SILVEIRA, M. A. **Nitrosaminas e câncer: efeitos biológicos da carne curada**. 2019 09. Trabalho de Conclusão de Curso de Farmácia-Bioquímica – Faculdade de Ciências Farmacêuticas – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2019. Disponível em: <https://repositorio.usp.br/directbitstream/14d04ddb-21ab-41d3-925f-f4b1e95b0f8a/3049624.pdf>. Acessado em: 17 jun. 2022.

SMIT, P; CULLERE, M; ZOTTE, A. D; BALZAN, S; HOFFMAN, L. C; NOVELLI, E. Effects of honeybush (*Cyclopia subternata*) extract on physico-chemical, oxidative and sensory traits of typical Italian salami. **Food Science & Nutrition**, [S.L.], v. 8, n. 5, p. 2299-2306, 24 mar. 2020. Wiley. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1002/fsn3.1509>. Acesso em 13 de agosto de 2023.

SUCU, C.; TURP, G. Y. The investigation of the use of beetroot powder in Turkish fermented beef sausage (sucuk) as nitrite alternative. **Meat Science**, [S.L.], v. 140, p. 158-166, jun. 2018. Elsevier BV. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.meatsci.2018.03.012>. Acessado em: 19 de jul. 2022.

SUMAN, S. P.; JOSEPH, Poulson. Myoglobin Chemistry and Meat Color. **Annual Review Of Food Science And Technology**, [S.L.], v. 4, n. 1, p. 79-99, 28 fev. 2013. Annual Reviews. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1146/annurev-food-030212-182623>. Acessado em: 15 de out. 2022.

SHAN, B; CAI, Y; BROOKS, J. D; CORKE, H. Antibacterial and antioxidant effects of five spice and herb extracts as natural preservatives of raw pork. **Journal Of The Science Of Food And Agriculture**, [S.L.], v. 89, n. 11, p. 1879-1885, 23 jun. 2009. Wiley. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1002/jsfa.3667>. Acessado em: 08 de out. 2023.

TASSI, E. M. M; DUARTE, R. M. T; AMAYA-FARFAN, J. Partial nutrient characterization of arugula (rocket - *Eruca sativa* L.) and the effect of heat treatment on its lipoxidase activity. **Brazilian Journal of Food Technology**. Campinas, v.21 p. 1 - 7, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1981-6723.02417>. Acessado em: 22 de jul. 2022.

TAMME, T.; REINIK, M.; ROASTO, M.; JUHKAM, K.; TENNO, T.; KIIS, A. Nitrates and nitrites in vegetables and vegetable-based products and their intakes by the Estonian population. **Food Additives And Contaminants**, [S.L.], v. 23, n. 4, p. 355-361, abr. 2006. Informa UK Limited. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1080/02652030500482363>. Acessado em: 08 de out. 2023.

TERRA, N. N; FREITAS, R. J. S de; CICHOSKI, A. J. Atividade de água, pH, umidade e desenvolvimento de *Staphylococcus xylosus* durante o processamento e armazenamento da paleta suína curada, maturada e fermentada. **Ciênc. Tecnol. Aliment.**, Campinas, v. 27, n. 4. p 756-760, out.-dez. 2007. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cta/a/f63gZXRnkVqVdVhChRG9TMK/?format=pdf&lang=pt>. Acessado em: 16 de set. 2023.

TEMME, E.H.M.; VANDEVIJVERE, S.; VINKX, C.; HUYBRECHTS, I.; GOEYENS, L.; VAN OYEN, H. Average daily nitrate and nitrite intake in the Belgian population older than 15 years. **Food Additives & Contaminants: Part A**, [S.L.], v. 28, n. 9, p. 1193-1204, 6 jul. 2011. Informa UK Limited. <http://dx.doi.org/10.1080/19440049.2011.584072>. Acessado em: 16 de set. 2023

THOMAS, C; MERCIER, F; TOURNAYRE, P; MARTIN, J; BERDAGUÉ, J. Effect of nitrite on the odourant volatile fraction of cooked ham. **Food Chemistry**, [S.L.], v. 139, n. 1-4, p. 432-438, ago. 2013. Elsevier BV. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.01.033>. Acessado em: 6 de set. 2023.

WANG, Q; LI, X; XUE, B; WU, Y; SONG, H; LUO, Z; SHANG, P; LIU, Zhendong; HUANG, Qun. Low-salt fermentation improves flavor and quality of sour meat: microbiology and metabolomics. **Lwt**, [S.L.], v. 171, p. 114157, dez. 2022. Elsevier BV. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.lwt.2022.114157>. Acessado em: 16 de set. 2023.

WOLK, A. Potential health hazards of eating red meat. **Journal Of Internal Medicine**, [S.L.], v. 281, n. 2, p. 106-122, 6 set. 2016. Wiley. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1111/joim.12543>. Acessado em : 20 de set. 2023.

WORAPRAYOTE, W; MALILA, Y; SORAPUKDEE, S; SWETWIWATHANA, A; BENJAKUL, S; VISESSANGUAN, W. Bacteriocins from lactic acid bacteria and their applications in meat and meat products. **Meat Science**, [S.L.], v. 120, p. 118-132, out. 2016. Elsevier BV. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.meatsci.2016.04.004>. Acessado em: 24 de jul. 2022.

WRIGHT, M. J.; DAVISON, K. L.. Nitrate Accumulation In Crops And Nitrate Poisoning In Animals. **Advances In Agronomy**, [S.L.], p. 197-247, 1964. Elsevier. Disponível em: [http://dx.doi.org/10.1016/s0065-2113\(08\)60025-5](http://dx.doi.org/10.1016/s0065-2113(08)60025-5). Acessado em: 08 de out. 2023.

WU, L; ZHANG, C; LONG, Y; CHEN, Q; ZHANG, W; LIU, G. Food additives: from functions to analytical methods. **Critical Reviews In Food Science And Nutrition**, [S.L.], v. 62, n. 30, p. 8497-8517, 1 jun. 2021. Informa UK Limited. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1080/10408398.2021.1929823>. Acessado em: 30 de jun 2023.

ZHANG, Y; ZHANG, Y; JIA, J; PENG, H; QIAN, Q; PAN, Z; LIU, D. Nitrite and nitrate in meat processing: functions and alternatives. **Current Research In Food Science**, [S.L.], v. 6, p. 100470, 2023. Elsevier BV. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.crf.2023.100470>. Acessado em 7 de set. 2023.

YU, D; FENG, M; SUN, J; XU, X; ZHOU, G. Protein degradation and peptide formation with antioxidant activity in pork protein extracts inoculated with *Lactobacillus plantarum* and *Staphylococcus simulans*. **Meat Science**, [S.L.], v. 160, p. 107958, fev. 2020. Elsevier BV. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.meatsci.2019.107958>. Acessado em: 07 de jan. 2024.