

SUBSTITUIÇÃO DE NITRITO E NITRATO DE SÓDIO EM PRODUTOS CÁRNEOS: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA DOS EFEITOS FÍSICO-QUÍMICOS E SENSORIAIS

SUBSTITUTION OF SODIUM NITRITE AND NITRATE IN MEAT PRODUCTS: A SYSTEMATIC REVIEW OF PHYSICOCHEMICAL AND SENSORY EFFECTS

DOI: 10.65747/conali2025v3c20

Karina Barbosa dos Santos ¹; Raimundo Bernadino Filho¹; José Matheus Gomes Tavares²; Larissa Mylena Mendes Dias ³; Romário Oliveira de Andrade⁴

Artur Xavier Mesquita de Queiroga⁵

¹ Estudante do Curso de Engenharia de Alimentos – UFAPE; E-mail: barbosa.s00@outlook.com

² Docente/pesquisador do Departamento de Engenharia de Alimentos – UFAPE

³Engenheiro de Alimentos – UFAPE

⁴Docente na Universidade Estadual da Paraíba - UEPB

⁵Docente no Instituto Federal do Mato Grosso - IFMT.

Resumo: Os produtos cárneos curados são comumente vistos como prejudiciais à saúde pelos consumidores devido ao seu alto teor de gordura, sódio e aditivos sintéticos. Em sua composição há adição de sais de cura, conhecidos popularmente como nitrato e nitrito de sódio. Os sais de cura podem ser definidos como aditivos alimentares, aplicados em produtos cárneos para proporcionar efeitos na cor, sabor e odor, bem como para manter a qualidade microbiológica do produto. Estudos explorando potenciais substituições e reduções na aplicabilidade desses sais em produtos cárneos curados têm sido desenvolvidos, devido a pesquisas que indicam o potencial efeito carcinogênico em humanos resultante da ingestão desses produtos ao longo prazo. Diante disso, nesta pesquisa objetivou-se, através de uma revisão sistemática, investigar possíveis substitutos de nitrito e nitrato de sódio em produtos cárneos e seus efeitos físico-químicos e sensoriais na qualidade do produto. Na revisão sistemática pesquisou-se publicações indexadas nas bases de dados *Scientific Electronic Library Online (SciELO)*, *Publisher Mediline (PubMed)*, *US National Library of Medicine (Medline)* e *Google Scholar* entre os anos de 2013 a 2024 nos idiomas português, inglês e espanhol. Os resultados apontaram para várias alternativas ao nitrito tradicional na produção de carne curada, destacando o uso de fontes vegetais ricas em nitrato, como aipo, beterraba, rúcula, salsa, entre outros. Diferentes abordagens foram exploradas, incluindo a fermentação de espinafre para produção de nitrito pré-convertido, a adição de pós de vegetais em linguiças fermentadas, e a substituição total ou parcial do nitrito por extratos de plantas. Os resultados indicaram ainda que essas alternativas foram capazes de fornecer cor, sabor e segurança microbiológica aos produtos cárneos, além de contribuir para a estabilidade oxidativa e inibição do crescimento microbiano. Conclui-se que as fontes vegetais emergiram como promissoras substitutas aos aditivos sintéticos na produção de carne curada, oferecendo uma abordagem mais natural e sustentável para a indústria alimentícia.

Palavras-chave: cura de carnes; conservantes naturais; fontes vegetais; estabilidade oxidativa; extratos de plantas.

Abstract: Cured meat products are commonly perceived by consumers as harmful to health due to their high content of fat, sodium, and synthetic additives. Their composition includes the addition of curing salts, popularly known as sodium nitrate and nitrite. Curing salts can be defined as food additives applied to meat products to provide effects on color, flavor, and odor, as well as to preserve the microbiological quality of the product. Studies exploring potential substitutions and reductions in the applicability of these salts in cured meat products have been developed, due to research indicating the potential carcinogenic effect in humans resulting from the long-term ingestion of these products. Therefore, this study aimed, through a systematic review, to investigate possible substitutes for sodium nitrite and nitrate in meat products and their physicochemical and sensory effects on product quality. The systematic review included publications indexed in the Scientific Electronic Library Online (SciELO), Publisher Medline (PubMed), US National Library of Medicine (Medline), and Google Scholar databases between the years 2013 and 2024, in Portuguese, English, and Spanish. The results pointed to several alternatives to traditional nitrite in cured meat production, highlighting the use of nitrate-rich plant sources such as celery, beetroot, arugula, parsley, among others. Different approaches were explored, including the fermentation of spinach for the production of pre-converted nitrite, the addition of vegetable powders in fermented sausages, and the total or partial substitution of nitrite with plant extracts. The results also indicated that these alternatives were able to provide color, flavor, and microbiological safety to meat products, in addition to contributing to oxidative stability and inhibition of microbial growth. It is concluded that plant sources have emerged as promising substitutes for synthetic additives in cured meat production, offering a more natural and sustainable approach for the food industry.

Keywords: meat curing; natural preservatives; plant sources; oxidative stability; plant extracts.

INTRODUÇÃO

Os derivados cárneos constituem uma gama de alimentos processados, tais como linguiça, mortadela, salame, presunto e apesuntado, oriundos do processamento de carne na indústria alimentícia. Esse processo inicia-se com a obtenção da matéria-prima cárnea, proveniente do manejo pré-abate e do abate dos animais, seguido pelo armazenamento e encaminhamento da carne para a fabricação dos derivados (1).

Para garantir a vida útil e a segurança microbiológica desses produtos cárneos, a indústria emprega métodos como refrigeração em produtos frescos, cocção em produtos cozidos e processos biológicos, como a fermentação. Contudo, a aplicação isolada desses métodos pode não ser suficiente para a conservação dos produtos devido à natureza altamente perecível da matéria cárnea, levando à necessidade de combinação de processos para ampliar a durabilidade dos produtos (2).

Dentre os processos utilizados destaca-se a salga e a cura, métodos ancestrais ainda adotados atualmente. Esses processos envolvem a incorporação de sais de sódio, como cloreto de sódio e sais de cura, como o nitrato de sódio e o nitrito de sódio, como aditivos alimentares. Essas substâncias desempenham um papel vital, não apenas na extensão da vida útil dos produtos cárneos, mas também na modificação de suas propriedades sensoriais e funcionais, contribuindo para sua aceitabilidade pelo consumidor (3).

O nitrito de sódio, aditivo alimentar fundamental no processo de cura dos produtos cárneos, não apenas atua na conservação, mas também exerce influência significativa nas características sensoriais desses produtos, como sabor, aroma e coloração. Tal composto pode ser adicionado diretamente nas formulações ou gerado a partir do nitrato de sódio por meio de reações de redução mediadas pela microbiota presente na carne. Essas práticas têm impacto direto na composição final e nas características organolépticas dos produtos cárneos, influenciando diretamente sua qualidade e aceitação pelo consumidor (4).

No entanto, apesar das vantagens proporcionadas pelo uso desses aditivos, persiste uma polêmica enraizada desde os anos 1970 sobre os nitratos e nitritos, sugerindo que podem acarretar danos à saúde ao potencialmente reagirem com aminas secundárias das proteínas, resultando na formação de nitrosaminas cancerígenas em certas condições (5).

Esse debate levanta a necessidade premente de estabelecer medidas preventivas substanciais para fortalecer o controle de qualidade e a vigilância sanitária dos alimentos, visando minimizar os potenciais efeitos tóxicos dos aditivos alimentares, especialmente em grupos mais suscetíveis, como crianças, idosos, gestantes e indivíduos enfermos. Isso ressalta a relevância de estratégias alternativas, como a redução do teor de sódio e a busca por substitutos do nitrito de sódio, na busca por produtos cárneos mais saudáveis na indústria alimentícia (6).

A fim de alternativas aos nitritos e nitratos, a imposição de limites máximos para esses aditivos em produtos cárneos é uma medida estabelecida pela legislação brasileira com limites máximos de 150 e 300 mg.kg⁻¹, respectivamente. Além disso, diante das controvérsias sobre a cura com nitrito em carnes, a cura natural ou orgânica tem sido cada vez mais adotada, substituindo o uso direto de nitrito e nitrato (4).

Outras estratégias visam à substituição dos nitratos de sódio e nitritos de sódio por alternativas como o "sal de ervas", uma combinação de alecrim, manjeriço, orégano e sal comum, mostrou-se uma opção benéfica para controlar a pressão arterial (7).

Aditivos que disfarçam o sabor amargo ou intensificam a sensação salgada, como o glutamato monossódico e o extrato de levedura, são alternativas para reduzir o teor de sódio nos alimentos sem comprometer a percepção de salinidade. Tratando-se de fontes vegetais de nitrato, o extrato de aipo ganha destaque por sua ausência de pigmentação e sabor suave, tornando-se compatível com produtos cárneos. Amplamente utilizado, o aipo tem sido uma das opções mais empregadas como fonte de nitratos em produtos cárneos curados (8).

Diante disso, nesta pesquisa objetivou-se, através de uma revisão sistemática, investigar possíveis substitutos de nitrito e nitrato de sódio em produtos cárneos e seus efeitos físico-químicos e sensoriais na qualidade do produto.

MATERIAL E MÉTODOS

A metodologia empregada neste estudo foi de uma revisão sistemática de literatura que consiste num método de pesquisa que busca reunir, analisar e sintetizar de forma sistemática todas as evidências disponíveis sobre uma questão específica, utilizando critérios explícitos e metodologia rigorosa. Ela é estruturada em etapas bem definidas, incluindo o desenvolvimento de um protocolo de pesquisa detalhado, a busca extensiva e criteriosa por estudos relevantes em diversas fontes, a seleção de estudos de acordo com critérios pré-estabelecidos, a avaliação da qualidade dos estudos incluídos e, por fim, a análise dos dados para oferecer conclusões baseadas nas evidências disponíveis. Esse tipo de revisão visa oferecer uma visão abrangente e objetiva sobre um determinado tema ou pergunta de pesquisa.

Para a realização do estudo, as publicações utilizadas foram pesquisadas nas bases de dados *Scientific Electronic Library Online (SciELO)*, *Publisher Mediline (PubMed)*, *US National Library of Medicine (Medline)*, *Google Scholar*, além de outras fontes relevantes. Diante disto, as bases selecionadas fazem parte do Portal de Periódicos da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e permitem o acesso facilitado aos documentos, viabilizando a consulta aos materiais através dos serviços disponibilizados pela instituição de ensino afiliada à Comunidade Acadêmica Federada (CAFe).

Para cada base de dados, implementou-se um método de busca focalizado em termos-chave pertinentes ao tema. As palavras-chave adotadas foram: ‘Produtos cárneos curados’, ‘Aditivos’, ‘Nitritos’, ‘Nitrato’, ‘Extratos vegetais’ e ‘Sais de cura’ e seus correspondentes em inglês e espanhol, visando identificar os documentos relacionados. Adicionalmente, os operadores booleanos ‘AND’ e ‘OR’ foram empregados de acordo com os requisitos específicos de cada mecanismo de busca detalhado no Quadro 1.

Quadro 1 - Mecanismo de busca nas bases de dados.

Bases de Dados	Mecanismo de busca
SciELO	<i>Cured meat products OR Additives</i>
PubMed	<i>Nitrites OR Nitrate OR Curing salts Nitrites AND Nitrate AND Curing salts Additives OR Nitrites OR Nitrate OR Plant extracts Additives AND Nitrites AND Nitrate AND Plant extracts</i>
Medline	<i>Cured meat products OR Aditivos Cured meat products AND Aditivos Additives OR Nitrites OR Nitrate OR Plant extracts Additives AND Nitrites AND Nitrate AND Plant extracts</i>
Google Scholar	<i>Cured meat products OR Aditivos Cured meat products AND Aditivos Additives OR Nitrites OR Nitrate OR Plant extracts Additives AND Nitrites AND Nitrate AND Plant extracts</i>

Fonte: Autores, 2024

Foram incluídos estudos em produtos cárneos (abrangendo produtos cárneos processados ou não, como presuntos, salsichas, salames, entre outros, considerando a substituição de nitrato e nitrito); estudos de substituição de nitrato e nitrito que exploram estratégias de substituição parcial ou total desses aditivos por alternativas, como extratos vegetais, outros compostos ou métodos de processamento; estudos que abordam as mudanças físico-químicas resultantes da substituição, como alterações na cor, pH, conteúdo de compostos nitrogenados, entre outros parâmetros relevantes; pesquisas que investigam e relatam a avaliação sensorial dos produtos substituídos, considerando sabor, aroma, textura, aceitabilidade sensorial, preferências do consumidor, entre outros aspectos sensoriais e artigos científicos revisados por pares, dissertações, teses ou revisões sistemáticas recentes que atendam aos critérios específicos de busca e relevância para o tema.

Foram excluídos documentos que não abordaram especificamente a substituição de nitrato e nitrito em produtos cárneos ou que não estivessem ligados a principal finalidade da pesquisa;

artigos que focaram apenas em aspectos biológicos, fisiológicos ou médicos da ingestão de nitrato e nitrito, sem considerar os efeitos físico-químicos ou sensoriais nos produtos cárneos; artigos em idiomas diferentes do inglês, português ou espanhol, dificultando a interpretação e a compreensão dos resultados; publicações com estudos não controlados, amostras pequenas ou falta de detalhamento sobre a metodologia utilizada e estudos muito antigos, anteriores a 2013, que possam não refletir as práticas atuais de substituição de nitrato e nitrito em produtos cárneos, a menos que fossem relevantes para a base histórica do tema.

A análise foi conduzida por meio de uma revisão bibliométrica na base de dados da CAPES, com busca nos títulos, resumos e palavras-chave. Em seguida, os dados foram refinados conforme a metodologia proposta e os critérios de inclusão resultando em 12 publicações indexadas entre os anos de 2013 a 2024, as quais foram discutidas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As principais informações extraídas dos 12 artigos escolhidos para a revisão sistemática foram resumidas no Quadro 2. Nele, são apresentados o autor e ano de publicação do estudo, o produto cárneo abordado no estudo, o substituto de nitrito e nitrato, as principais características observadas e os principais resultados das pesquisas.

Neste trabalho destaca-se a utilização de vegetais em pó e na forma de extratos como substitutos para o uso de nitritos e nitratos de sódio na elaboração das formulações de produtos cárneos (9). Entre os produtos estudados estão o extratos de espinafre (10,11); pó de extrato de salsa (12); pó de beterraba (8,13,14); nabo (15); *Allium cepa* var. *aggregatum*, *Coriandrum sativum* e *Allium sativum* L. (16); *Lactobacillus fermentum* RC4 e *Lactobacillus plantarum* B6, beterraba vermelha, corante Monascus e nisina (13); Manjerição Rubra, Tomilho, Limão, Orégãos vulgar e Sálvia Ananás (17); aipo (18,19). Essas alternativas mostram relevante potencial de substituição ao nitrito em produtos cárneos, com resultados promissores em termos de cor, sabor e segurança microbiológica.

Quadro 2 - Principais informações dos artigos selecionados

Autor/Ano	Produto cárneo	Substituto de nitrito e nitrato	Características	Principais resultados
Kim et al. 2017.	Carnes curadas cruas	Substituição por extratos de espinafre fermentado	As contagens bacterianas viáveis totais em carnes curadas adicionadas com extrato de espinafre fermentado variaram de 0,34-1,01 Log UFC/g. <i>E. coli</i> e bactérias coliformes não foram observadas em nenhuma das carnes curadas tratadas com extratos de espinafre fermentado ou nitrito.	Os resultados deste estudo indicam que o espinafre fermentado pode ser uma fonte viável de nitrito na preparação de carne curada, proporcionando benefícios como estabilidade oxidativa e inibição do crescimento microbiano.
Riel et al. 2017.	Linguiças tipo mortadela	Substituição por pó de extrato de salsa	Concentrações de 4,29 g de extrato de salsa por kg de carne de linguiça (contendo 120 ppm de nitrito) pareceram ser comparáveis ao uso tradicional de sal de cura em linguiças tipo mortadela quanto à cor vermelha durante a maioria do tempo de armazenamento.	A análise sensorial mostrou que a aceitação do consumidor para produtos produzidos com maiores concentrações de extrato de salsa foi satisfatória e que esses produtos podem ser comercializáveis.
Sucu;Turp, 2018.	Linguiça seca fermentada de carne bovina	Substituição por pó de beterraba	A inclusão de pó de beterraba resultou na proteção da cor vermelha desejada durante o armazenamento.	As características sensoriais das linguiças contendo PB foram comparáveis às das amostras controle.
Carvajal-Macías et al. 2019.	Salsichas	Substituição dos nitritos sintéticos por uma fonte natural como o nabo	A maior concentração de nitritos foi encontrada na amostra padrão, elaborada com nitritos sintéticos, enquanto as amostras com extrato de nabo e nabo desidratado, fontes naturais de nitritos, mostraram valores inferiores.	Com a concentração de nitritos de fontes naturais utilizadas, foi possível obter um produto com tonalidade de vermelho, característico de produtos cárneos.

Chanshotikul; Hemung, 2020.	Linguijas fermentadas	Substituição por 3 tipos de pó de vegetais indígenas (<i>Alliumcepa var. aggregatum</i> , AA/ <i>Coriandrum sativum</i> , CS/ <i>Allium sativum L.</i> , AS)	Os valores de vermelhidão das amostras com pós vegetais foram superiores aos do controle (sem adição de nitrito), o que indica cura natural.	O pó de <i>Allium sativum L.</i> pode ter o potencial de se tornar um agente de cura natural na produção de salsichas fermentadas.
Huang et al. 2020.	Carne curada	Substituição de nitrito por <i>Lactobacillus fermentum</i> RC4 e <i>Lactobacillus plantarum</i> B6 como iniciadores, beterraba vermelha e corante <i>Monascus</i> como agentes colorantes, e nisina como antibiótico.	A carne curada sem adição de nitrito foi produzida pela adição de <i>Lactobacillus fermentum</i> RC4 e <i>Lactobacillus plantarum</i> B6, iniciadores, beterraba vermelha e corante <i>Monascus</i> apresentam degradação eficaz de nitrito e atividade antibacteriana.	O estudo apresentou uma abordagem inovadora para a produção de carne curada sem adição de nitrito, resultando em um produto de alta qualidade, seguro e com excelente aceitação sensorial.
Ré, 2020	Aparas de carne de suíno	Substituição por infusões de quatro ervas aromáticas (Manjerição Rubra, Tomilho, Limão, Orégãos vulgar e Sálvia Ananás), como fonte natural de nitrato	As infusões de manjerição rubra e sálvia ananás apresentaram um maior conteúdo de nitrato, enquanto o tomilho limão mostrou maior conteúdo de nitritos.	As formulações com infusões não influenciaram significativamente as contagens microbianas, mas houve variações na cor e no aroma dos produtos, com a formulação de sálvia ananás destacando-se por sua cor rosada e por não apresentar aroma de ervas, indicando potencial para futuras formulações.
Siqueira, 2020	Linguija frescal	Pó de aipo em substituição ao nitrito e extrato de alecrim como antioxidante	A substituição de conservantes e antioxidantes sintéticos por extratos naturais de aipo e alecrim na produção de linguija frescal pode mitigar os riscos à saúde associados aos aditivos artificiais.	O estudo mostrou que a amostra com aipo e extrato de alecrim foi mais estável contra contaminação microbiológica, com maior nitrito residual que a amostra com nitrito de sódio. Ambas as amostras também preveniram a oxidação durante o armazenamento, destacando a viabilidade de substituir aditivos sintéticos por ingredientes naturais em linguijas frescas.

Devèze, 2021	Canned Corned Beef (CCB) elaborado com nitrito de sódio	CCB elaborado com extrato de aipo	A comparação entre Canned Corned Beef com nitrito de sódio e extrato de aipo como agentes de cura mostrou que ambos atenderam aos padrões legais de composição. A cor característica e a estabilidade contra rancidez foram semelhantes em ambos.	O extrato de aipo pode ser uma alternativa viável e aceitável para substituir o nitrito de sódio na produção de <i>Canned Corned Beef</i> .
	sintético			
Ferreira et al. 2021	Salame tipo italiano	Pós de beterraba (<i>Beta vulgaris L.</i>) e rúcula (<i>Eruca sativa L.</i>)	Substituição do nitrito de sódio comercial por pós de beterraba e rúcula na formulação de salame tipo italiano, visando reduzir o uso de aditivos sintéticos associados à formação de compostos potencialmente cancerígenos.	Tratamentos com pós de beterraba, rúcula ou uma combinação de ambos apresentaram valores de nitrito residual significativamente mais baixos, indicando a eficácia dessas fontes alternativas de nitrito na produção de salame italiano.
Chávez, 2022.	Salsichas	Substituição por extrato de espinafre (<i>Spinacia oleracea</i>)	Os tratamentos com diferentes porcentagens de extrato de espinafre e nitrito de sódio mostraram diferenças significativas na concentração residual de nitrito	Todos os tratamentos atenderam aos padrões microbiológicos estabelecidos, indicando que a substituição é viável e resulta em um produto adequado para o consumo.
Silva, 2023.	Salsichas	Substituição por extratos vegetais	As plantas têm sido consideradas como alternativas para a substituição de nitritos e nitratos de sódio devido aos seus níveis elevados de nitrato	O uso de fontes vegetais, como aipo, tomate em pasta, urucum em pó e extratos de especiarias, também tem sido investigado como alternativas ao nitrito em produtos cárneos, com resultados promissores em termos de cor, sabor e segurança microbiológica

Fonte: Autores, 2024

A busca por alternativas ao nitrito tradicional na produção de carne curada tem crescido na indústria alimentícia, visando diminuir a dependência de aditivos sintéticos. De acordo com Silva (9) as plantas têm sido consideradas como uma dessas alternativas devido aos seus níveis elevados de nitrato, que desempenham um papel como nutrientes. Estudos têm indicado variações nos teores de nitrato em diferentes partes das plantas, como folhas, caules e raízes, sendo que as partes florais geralmente possuem menor quantidade de nitrato. Fatores como umidade, tipo de solo, tamanho da planta, espécie, temperatura e tempo de armazenamento influenciam os níveis de nitrato nos vegetais, sendo que espinafre, salsa, repolho e nabo são exemplos de vegetais com altos teores de nitrato. No entanto, métodos de preparo, como cozimento, podem reduzir esses teores em até 75%. A Tabela 1 apresenta os níveis de acumulação de nitrato em alguns vegetais.

Tabela 1 – Acúmulo de nitrato em vegetais

Teor de nitrato expresso em mg/kg de peso fresco	Tipo de Vegetal
>2500	Agrião, alface, rúcula, espinafre, aipo.
de 1000 a <2500	Salsa, repolho chinês, endívia, alho-poró.
de 500 a <1000	Couve lombarda, repolho, nabo.
de 200 a <500	Pepino, abóbora, brócolis, cenoura.
<200	Tomate, cebola, berinjela, cogumelo, aspargo, batata.

Fonte: Silva (2023)

Segundo o autor, a forma como os vegetais são armazenados pode influenciar os níveis de nitrato, sendo que condições inadequadas, como a ausência de refrigeração prolongada, podem levar ao aumento do nitrito devido à ação bacteriana que converte nitrato em nitrito. Por outro lado, condições como falta de luz e altas temperaturas durante o cultivo podem resultar na inativação da enzima nitrato redutase, levando ao acúmulo de nitrato nos vegetais. Fontes vegetais, como o aipo em pó, têm sido exploradas como alternativas ao nitrito em produtos cárneos processados devido ao seu teor significativo de nitrato. O uso de outras fontes vegetais, como tomate em pasta, urucum em pó e extratos de especiarias, também tem sido investigado como importantes alternativas ao nitrito em produtos cárneos, favorecendo aspectos como cor, sabor e segurança microbiológica (9).

O estudo de Kim et al. (10) investigou a viabilidade de utilizar espinafre fermentado como fonte de nitrito pré-convertido. Um aspecto importante destacado no estudo é o processo de preparação do nitrito a partir do espinafre. O espinafre comercial foi submetido à liofilização e posterior fermentação com uma cultura de *Lactobacillus farciminis* contendo uma enzima redutora de nitrato ativa. Esse método resultou na obtenção de uma fonte de nitrito pré-convertido, com características adequadas para a cura de carne, como pH ácido e conteúdo significativo de nitrito. Ao realizar a cura da carne com a adição dessa fonte de nitrito, observou-se uma redução do pH nos grupos tratados com o espinafre fermentado em comparação com os grupos controle, indicando a eficácia do processo de fermentação na acidificação da carne. Além disso, foram observadas alterações na cor da carne curada, com aumento na luminosidade e na vermelhidão e redução na tonalidade amarela, atribuídas à ação do nitrito na formação de pigmentos estáveis de mioglobina.

Outro ponto de interesse apontado pelo autor foi a avaliação da estabilidade oxidativa da carne curada, medida pelos valores de TBARS (substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico). Os resultados mostraram que a carne curada com o espinafre fermentado apresentou valores significativamente menores de TBARS em comparação com o controle positivo adicionado de nitrito sintético. Isso sugere que o nitrito derivado do espinafre fermentado possui atividade antioxidante, contribuindo para a estabilidade oxidativa da carne curada. Além disso, foi observada uma redução significativa na contagem total de microrganismos na carne curada tratada com o espinafre fermentado, indicando um efeito inibitório sobre o crescimento microbiano. Isso pode ser atribuído à presença de ácido láctico e outros metabólitos fermentativos produzidos durante o processo de fermentação. No entanto, é importante notar que os níveis de nitrito residual na carne curada tratada com o espinafre fermentado foram mais elevados em comparação com os controles, sugerindo uma menor eficiência na conversão do nitrito durante o processo de cura. Isso pode ser uma consideração importante em termos de segurança alimentar e conformidade com os regulamentos de aditivos alimentares (10).

Outro importante estudo foi realizado por Riel et al. (12) que investigou a produção de linguiças tipo mortadela, fabricadas com pó de extrato de salsa/kg. As variantes incluíram diferentes concentrações de extrato de salsa, além de linguiças tradicionalmente curadas com nitrito e linguiças não curadas, que serviram como controles. O extrato de salsa foi obtido a partir de talos e a extração foi realizada a 90 °C por 4 horas, seguida de compressão a vácuo e secagem. O extrato resultante foi então adicionado às linguiças, junto com outros ingredientes como sal, fosfato dissódico, ácido ascórbico, açúcar e gelo, conforme a formulação padrão. Além disso, uma cultura comercial de bactérias redutoras de nitrato foi adicionada às variantes com extrato de salsa para auxiliar na redução do nitrito.

Após a produção, as linguiças foram embaladas a vácuo e armazenadas a $7 \pm 0,2$ °C, em condições semelhantes às praticadas no varejo. Durante 28 dias de estocagem, foram conduzidas análises microbiológicas, físico-químicas e sensoriais para avaliar a qualidade e a segurança dos produtos. Os resultados demonstraram que a adição de 4,29 g de extrato de salsa por quilograma de carne apresentou desempenho equivalente ao uso convencional de sais de cura em linguiças tipo mortadela, preservando a cor vermelha característica ao longo do período de armazenamento (12).

Carvajal-Macías et al. (15) avaliaram o desenvolvimento da cor característica de salsichas através da substituição dos nitritos sintéticos por uma fonte natural como o nabo. De acordo com o método utilizado no estudo, a Tabela 2 lista os resultados obtidos para o teor de nitrito presente nas três amostras de salsicha avaliadas:

Tabela 2 - Teor médio de nitrito nas três amostras de salsicha

Amostra	Concentração (ppm)
Padrão	84,87
Extrato	9,80
Desidratado	11,81

Fonte: Carvajal-Macías et al. (2019)

De acordo com Carvajal-Macías et al. (15) os resultados da determinação de nitritos em salsichas mostraram que a maior concentração de nitritos foi encontrada na

amostra padrão, elaborada com nitritos sintéticos, enquanto as amostras com extrato de nabo e nabo desidratado, fontes naturais de nitritos, mostraram valores inferiores. Isso sugere que a transformação de nitratos em nitritos pode ser afetada pela atividade bacteriana na carne, influenciando o desenvolvimento da cor. A análise de cor mostrou ainda diferenças no parâmetro a^* (de verde para vermelho), relacionado ao desenvolvimento da cor vermelha em produtos cárneos, indicando a importância da concentração de nitritos naturais para obter o tom desejado. Esses resultados destacam a relevância do uso de fontes naturais de nitritos e a substituição de ingredientes para modificar as características de textura e cor das salsichas.

Um estudo semelhante foi realizado por Chanshotikul e Hemung (16) que avaliaram três tipos de pó de vegetais (*Alliumcepa var. aggregatum*, AA/ *Coriandrum sativum*, CS/ *Allium sativum L.*, AS) como substitutos ao nitrito em amostras de linguiças fermentadas. Os resultados deste estudo indicaram um aumento na vermelhidão das amostras, bem como a detecção de resíduos de nitrito nos produtos. A adição de pó de folha de alho mostrou-se capaz de inibir a contagem total de bactérias, mas também de promover o crescimento de bactérias lácticas. Com base neste estudo, o pó de folha de alho mostrou o maior potencial para se tornar um agente de cura natural para linguiças fermentadas. A luz (valor L) das amostras de linguiça também foi semelhante, independentemente do tipo de vegetal usado, enquanto a vermelhidão aumentou em comparação com o controle. Isso sugere que os pós de vegetais forneceram desenvolvimento de cor como parte do processo de cura natural. A figura 1 mostra o aspecto das linguiças fermentadas sem nitrito.

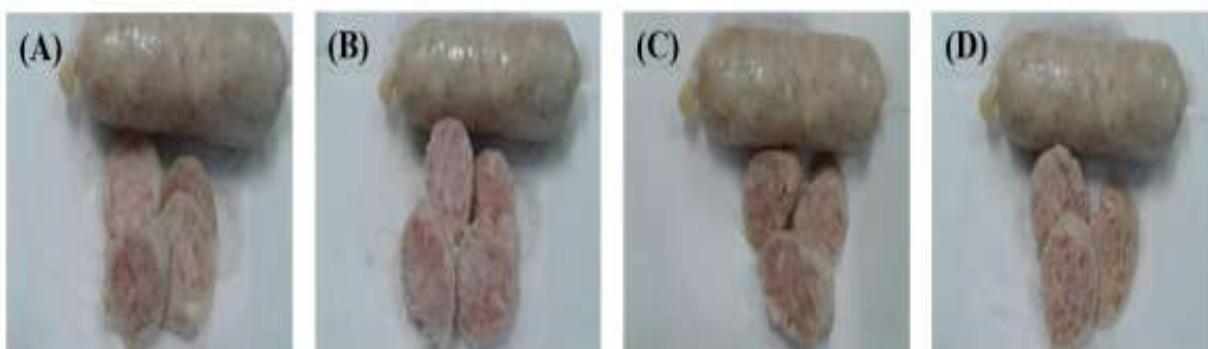


Figura 1 - Aspecto das linguiças fermentadas

(A) Sem nitrito; (B) com *Allium sativum L.*, AS; (C) com *Alliumcepa var. aggregatum*, AA; (D) com *Coriandrum sativum*, CS.

Fonte: Chanshotikul; Hemung (2020).

De acordo com Chanshotikul e Hemung (16) a contagem total de microrganismos foi reduzida com a adição de pó de folha de alho, indicando sua capacidade de inibir o crescimento microbiano e potencialmente estender a vida útil do produto. Além disso, a adição de pó de folha de alho resultou na maior contagem de bactérias lácticas, indicando uma promoção do crescimento dessas bactérias benéficas. A análise do conteúdo de nitrito revelou sua presença nas amostras com pós de vegetais, mesmo sem a adição de nitrito externo sugerindo que o nitrito presente nos vegetais pode ter sido convertido durante o processo de fermentação. No entanto, os níveis de nitrito foram considerados aceitáveis de acordo com o padrão do Codex.

O trabalho de Huang et al. (13) apresentou uma nova carne curada sem adição de nitrito e um método inovador para substituir o nitrito por *Lactobacillus fermentum* RC4 e *Lactobacillus plantarum* B6 como iniciadores, beterraba vermelha e corante *Monascus*¹ como agentes colorantes, e nisina como antibiótico. As tiras cruas foram preparadas para formar uma espécie de carne curada com tecnologia de processamento semelhante à do bacon chinês (não defumado). As amostras dos grupos de carne foram preparadas: um grupo experimental sem adição de nitrito (GE); um grupo controle ao qual apenas 3% de sal foi adicionado (CG-S); e um grupo controle ao qual tanto 3% de sal quanto 0,01% de NaNO₂ foram adicionados (CG-N). A avaliação sensorial, juntamente com a determinação da contagem total de placas, substâncias voláteis de sabor e conteúdo de ácidos graxos livres (FFA) de todas as amostras, foi realizada após 20 dias.

Os resultados da pesquisa de Huang et al. (13) revelaram melhorias significativas na cor, segurança, período de armazenamento, propriedades sensoriais e sabor, alcançadas através da utilização de substitutos de nitrito contendo bactérias lácticas, pigmentos naturais e nisina. A cor da carne curada, crucialmente melhorada pelo nitrito, foi substituída com sucesso pela combinação de corante *Monascus* e beterraba, resultando em uma cor vermelha brilhante e uniforme tanto na superfície quanto no interior da carne curada. Além disso, a presença de *L. fermentum* RC4 e *L. plantarum* B6 ajudou a degradar o nitrito residual, garantindo que os níveis fossem significativamente inferiores aos encontrados nas amostras de controle. A adição de nisina e bactérias lácticas também desempenhou um papel fundamental na inibição de microrganismos patogênicos, tornando a carne curada segura para o consumo. A análise do perfil volátil revelou a presença de compostos característicos de sabor e aroma, enquanto a baixa acumulação de aminas biogênicas e a redução da oxidação lipídica contribuíram para a qualidade sensorial e a segurança do produto final.

Dois outros estudos também analisaram o uso da beterraba em substituição ao nitrito: a pesquisa de Sucu e Turp (8) e Ferreira et al. (14). Sucu e Turp (8) examinaram os efeitos da reformulação da linguiça de carne bovina fermentada a seco substituindo o nitrito por pó de beterraba (PB). O estudo experimental envolveu a produção de quatro grupos diferentes de linguiça fermentada com diferentes percentagens de nitrito de sódio e pó de beterraba (Figura 2) (A utilização de pó de beterraba em vez de nitrito na linguiça afetou as características de qualidade deste produto reformulado dependendo da quantidade utilizada. Na figura 2 temos as imagens das superfícies internas das linguiças.

¹ As espécies de *Monascus* são cultivadas há séculos em países Asiáticos para produzir um corante vermelho, usado como um ingrediente alimentar, sendo a China e o Japão os países que mais desfrutam desses pigmentos naturais (20).



Figura 2 - Fotografias das superfícies internas das linguças

BS1: 100 mg/kg de nitrito de sódio e 0,12% PB; BS2:50 mg/kg de nitrito de sódio e 0,24% PB e BS3: 0,35% PB.

Fonte: Sucu; Turp (2018)

Segundo Sucu e Turp (8) o valor de vermelhidão (a^*) das amostras aumentou e foi bem protegido durante o armazenamento quando uma quantidade maior de pó de beterraba foi utilizada. No entanto, a oxidação foi maior em amostras que continham grandes quantidades de PB e baixo teor de nitrito/sem nitrito. A contagem de bactérias ácido lácticas foi maior em BS3 durante o armazenamento, o que pode estar relacionado ao pó de beterraba, que pode atuar como substrato para bactérias ácido lácticas. A composição proximal, o valor de pH e o perfil de textura das amostras não foram significativamente afetados pela inclusão de PB. As características sensoriais das linguças contendo pó de beterraba foram comparáveis às das amostras controle.

Em relação ao estudo de Ferreira et al. (14) que investigou a substituição do nitrito de sódio comercial por pós de beterraba e rúcula na formulação de salame tipo italiano, aproveitando sua riqueza natural em nitrato, que, por meio da ação de culturas starter, é convertido em nitrito durante o processo de maturação. Os salames foram formulados com 150 ppm de nitrato, e os tratamentos foram C100 (nitrito comercial), B100 (pó de beterraba), R100 (pó de rúcula) e R50B50 (pós de beterraba e rúcula). Durante a maturação, que ocorreu até a perda de peso de 35%, foram analisados pH, atividade de água (aW), oxidação lipídica (TBARs), cor (L, a^* e b^*), pigmentos totais, pigmentos nitrosos, nitrato e nitrito residual.

Os resultados de Ferreira et al. (14) revelaram variações nos valores de pH de 5,93 a 5,83 no início e entre 4,35 e 4,67 no final da maturação, enquanto os valores de aW diminuíram gradualmente de 0,985 a 0,895. A análise de TBARs mostrou oscilações de 0,57 a 0,39 mg MDA/Kg ao longo do processo de maturação, com o tratamento R100 apresentando os menores valores. Além disso, os tratamentos C100 e R50B50 exibiram os menores valores de nitrito residual ao final da maturação (0,72 e 0,79 mg/Kg, respectivamente). Os valores de pigmentos totais apresentaram correlação positiva com os resultados de nitrato e pigmentos nitrosos, enquanto a perda de peso mostrou correlação negativa com pH, aW e b. Esses resultados destacam a eficácia das fontes de nitrito alternativas na produção de salame tipo italiano, sugerindo que a substituição do nitrito comercial por pós de beterraba, rúcula ou de uma mistura de ambos é viável e pode ser uma abordagem promissora para melhorar a segurança e a qualidade dos produtos cárneos.

Siqueira (18) e Devèze (19) investigaram o mesmo produto (*Apium graveolens*) como substituto ao nitrito de sódio em produtos cárneos. Siqueira (18) desenvolveram e avaliaram o *shelf life* de uma linguiça tipo frescal com conservantes e antioxidantes naturais, armazenada sob refrigeração, no qual foi utilizado o aipo (*Apium graveolens*) como substituto do nitrito e o alecrim (*Rosmarinus officinalis*) como adjuvante na prevenção à oxidação. Três diferentes amostras foram desenvolvidas para o estudo: uma com aipo em pó e extrato de alecrim (denominada LA), outra com nitrito de sódio e eritorbato de sódio (chamada LN), e uma terceira sem qualquer conservante (LC). Ao longo do período de 15 dias de armazenamento refrigerado, todas as amostras apresentaram valores de pH semelhantes. No entanto, a amostra LA demonstrou níveis mais elevados de nitrito residual em comparação com a LN, sugerindo uma potencial atividade antimicrobiana prolongada. Enquanto isso, observou-se um aumento na oxidação na amostra LC, enquanto as amostras LA e LN permaneceram estáveis, indicando a eficácia dos aditivos presentes em suas composições em evitar a deterioração oxidativa.

O estudo de Siqueira apontou que o uso de aipo e extrato de alecrim mostrou-se promissor na preservação da qualidade da linguiça frescal, evidenciado pela maior estabilidade contra contaminação microbológica em comparação com a amostra contendo nitrito de sódio. A presença desses ingredientes naturais resultou em maiores níveis de nitrito residual, indicando uma potencial atividade antimicrobiana prolongada. Além disso, ambas as amostras, tanto a que utilizou aipo e extrato de alecrim quanto a que empregou nitrito de sódio, demonstraram eficácia na prevenção da oxidação, mantendo a qualidade ao longo do período de armazenamento refrigerado de 15 dias (18). Esses resultados reforçam a viabilidade e a segurança de substituir aditivos sintéticos por ingredientes naturais na produção de linguiças frescas, oferecendo uma alternativa mais saudável e sustentável para a indústria de alimentos.

Em relação à pesquisa de Devèze (19) caracterizou aspectos sensoriais, físicos e químicos do produto *Canned Corned Beef* (CCB) elaborado com extrato de aipo em substituição ao aditivo sintético nitrito de sódio. Foram realizados testes utilizando cinco formulações diferentes sendo uma delas contendo nitrito de sódio e as outras quatro contendo extrato de aipo como agente de cura, com variações no teor de NaCl e no tipo de flavorizante. As análises químicas dos produtos foram conduzidas logo após a fabricação, enquanto as avaliações de cor e rancidez foram realizadas tanto imediatamente após a fabricação quanto após seis meses de armazenamento em temperatura ambiente. A análise sensorial, incluindo testes de diferença em relação ao controle e avaliação de aceitação, foi conduzida após seis meses de armazenamento em temperatura ambiente.

Os resultados de Devèze (19) revelaram que o uso do extrato de aipo influenciou a cor dos produtos, levando a um escurecimento imediato seguido de clarificação em algumas formulações ao longo do tempo de armazenamento. Quanto à estabilidade da cor avermelhada característica dos produtos curados, verificou-se uma tendência à diminuição com o tempo, especialmente em formulações com menor teor de. Em relação à análise de rancidez, tanto o nitrito de sódio quanto o extrato de aipo mostraram-se eficazes ao longo dos seis meses de armazenamento, com resultados semelhantes aos do controle. A análise sensorial indicou que todas as formulações foram igualmente aceitas, sugerindo que o extrato de aipo pode ser uma alternativa viável para a produção de *Canned Corned Beef* por cura natural, mantendo suas características organolépticas e garantindo a segurança do produto.

Ré (17) investigou a substituição de nitrito e nitrato de sódio por infusões de quatro ervas aromáticas (manjeriço rubra, tomilho limão, orégãos vulgar e sálvia ananás), como fonte natural de nitrato, avaliando a microbiota tecnológica, características físico-químicas e sensoriais em um modelo cárneo refrigerado por quatro dias. Seis formulações foram testadas, com diferentes concentrações de nitrato de sódio por quilograma de produto cárneo, incluindo um controle (C) com 0 ppm e outros com diferentes tipos de ervas e concentrações. No modelo de produto cárneo, não foram observadas diferenças significativas nos teores de nitratos e nitritos ao longo do tempo, mas houve variações na cor dos produtos, especialmente em relação à luminosidade e tonalidade, dependendo da infusão de ervas utilizada.

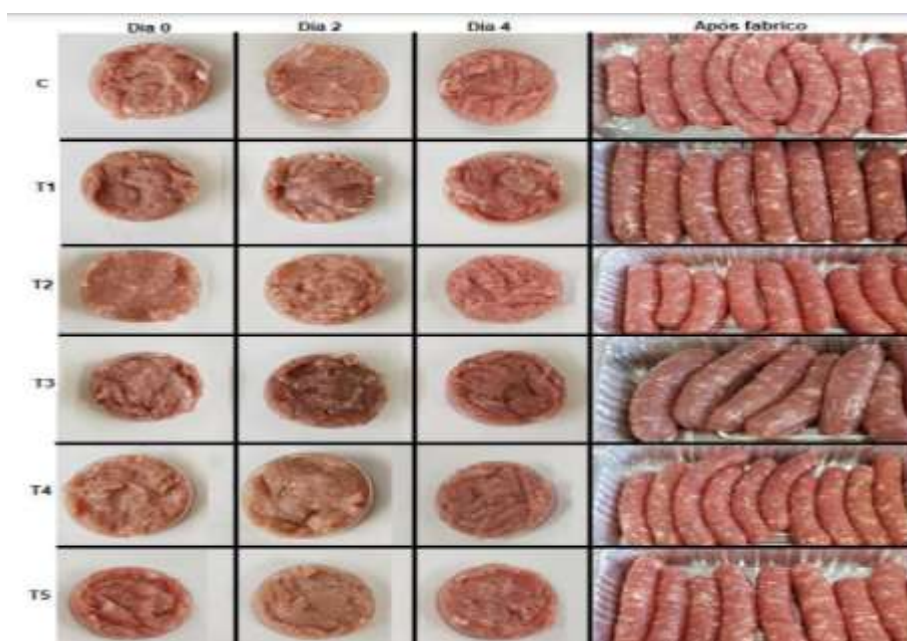


Figura 3 - Aparência da cor dos produtos com diferentes formulações ao longo do tempo de armazenamento a 4 °C dos modelos cárneos crus

Condições: C (Controlo 0 ppm NaNO₃); T1 (Manjeriço rubra 70 ppm NaNO₃); T2 (Tomilho limão 70 ppm NaNO₃); T3 (Manjeriço rubra 100 ppm NaNO₃); T4 (Sálvia ananás 100 ppm NaNO₃); T5 (Orégãos 100 ppm NaNO₃).

Fonte: Ré (2020)

Os resultados de Ré (17) apontaram que os modelos cárneos formulados com sálvia ananás apresentaram uma cor mais rosada após 4 dias de armazenamento, semelhante aos modelos formulados com manjeriço rubra, indicando o desenvolvimento do pigmento nitrosohemocromogénio, responsável pela cor rosa em produtos curados cozidos. Na avaliação sensorial, não foram observados aromas de ervas ou especiarias, exibindo sabores e odores neutros. Esses resultados sugerem que ingredientes naturais, como a infusão de sálvia ananás, podem ser alternativas aos aditivos químicos na cura de carne.

O estudo de Chávez (11) propôs uma alternativa ao nitrito de sódio em salsichas, substituindo-o pelo extrato de espinafre (*Spinacia oleracea*). Foram desenvolvidos quatro tratamentos com diferentes proporções de extrato de espinafre e nitrito de sódio. A avaliação sensorial não detectou diferenças significativas na preferência entre os tratamentos, sugerindo que a substituição do nitrito de sódio pelo extrato de espinafre é

viável, já que o produto resultante mantém características de qualidade aceitáveis, tornando-o adequado para o consumo. Além disso, a concentração residual de nitrito nos tratamentos estava dentro dos limites regulatórios estabelecidos, embora diferenças significativas tenham sido observadas entre certos tratamentos devido à adição de extrato de espinafre.

De acordo com Chávez (11) a combinação do extrato de espinafre com o processo de defumação mostrou-se eficaz na inibição do crescimento de microrganismos patogênicos, reforçando a viabilidade dessa alternativa. Em suma, o tratamento com 0.50% de extrato de espinafre e 50% de substituição de nitrito de sódio foi considerado adequado em termos sensoriais, microbiológicos e físico-químicos, proporcionando um produto seguro, embora doses maiores possam afetar sua vida útil e percepção sensorial.

CONCLUSÕES

A realização da revisão sistemática permitiu o levantamento de dados de maneira não tendenciosa sobre os substitutos dos sais de cura em produtos cárneos, com o intuito de tornar esses alimentos mais saudáveis e assim atender a demanda dos consumidores que estão mais preocupados com a saúde.

É notória a relevância das pesquisas científicas no desenvolvimento de pesquisas na área. Também se percebe que o uso de vegetais como ingredientes para substituição parcial e/ou total de nitrito e nitrato de sódio tem conseguido resultados satisfatórios sobre as propriedades físico-químicas e sensoriais dos produtos analisados.

A realização da avaliação sensorial mostrou-se crucial para mostrar como os produtos cárneos desenvolvidos com substitutos de nitrito e nitrato de sódio podem ter potencial de mercado e podem ser explorados pelas indústrias alimentícias para produção de produtos mais saudáveis e que também atendam às exigências do ponto de vista sensorial dos consumidores.

REFERÊNCIAS

1. QUEIROZ, Verônica Freire et al. Carne caprina e sua utilização na elaboração de produtos cárneos: Uma revisão. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 9, p. e4810917648-e4810917648, 2021
2. SAFAR, Gadimova Natavan et al. Development of new types of combined meat products and dynamic changes depending of their indicators on various technological stages of production. **Food Science and Technology**, v. 42, p. e59220, 2021.
3. COSTA, Roger J. et al. Preservation of meat products with bacteriocins produced by lactic acid bacteria isolated from meat. **Journal of Food Quality**, v. 2019, p. 1-12, 2019.

4. OLIVO, R.; RIBEIRO, L.G.T. Novos Conceitos sobre Nitratos e Nitritos. *Brazilian Journal of Surgery and Clinical Research* v. 24, n. 3, p. 115-125, 2018.
5. ROCHA, Cleber Bastos et al. Efetividade da educação sanitária na redução dos riscos no comércio de produtos cárneos. **Pubvet**, v. 12, p. 131, 2018.
6. MUNEKATA, Paulo Eduardo S. et al. Addition of plant extracts to meat and meat products to extend shelf-life and health-promoting attributes: An overview. **Current Opinion in Food Science**, v. 31, p. 81-87, 2020
7. SCOURBOUTAKOS, Mary J.; MURPHY, Sarah A.; L'ABBÉ, Mary R. Association between salt substitutes/enhancers and changes in sodium levels in fast-food restaurants: A cross-sectional analysis. **Canadian Medical Association Open Access Journal**, v. 6, n. 1, p. E118-E125, 2018
8. SUCU, C.; TURP, G.Y. The investigation of the use of beetroot powder in Turkish fermented beef sausage (sucuk) as nitrite alternative. **Meat Science**, v. 140, p. 158-166, 2018.
9. SILVA, Kéllen de Mello da. **Substituição parcial/total dos aditivos alimentares nitrato e nitrito por fontes vegetais e tecnologias de processamento em salsichas**. 2023. Trabalho de Conclusão de Curso - Universidade Federal de São Carlos, campus Lagoa do Sino, Buri, 2023
10. KIM, Tae-Kyung et al. Effect of fermented spinach as sources of pre-converted nitrite on color development of cured pork loin. **Korean journal for food science of animal resources**, v. 37, n. 1, p. 105, 2017.
11. CHÁVEZ R. **Sustitución de nitrito de sodio por extracto de espinaca (spinacia oleracea) y su influencia en la calidad de salchicha vienesa** (Tesis de Grado) Universidad Nacional de Chimborazo. Riobamba, Ecuador, 2022.
12. RIEL, Greta et al. Effects of parsley extract powder as an alternative for the direct addition of sodium nitrite in the production of mortadella-type sausages— Impact on microbiological, physicochemical and sensory aspects. **Meat Science**, v. 131, p. 166-175, 2017.
13. HUANG, Ling et al. Production of a safe cured meat with low residual nitrite using nitrite substitutes. **Meat science**, v. 162, p. 108027, 2020.
14. FERREIRA, Valquiria C. da S. et al. **Efeito da substituição de nitrito comercial por pós de beterraba (*Beta vulgaris* L.) E RÚCULA (*Eruca sativa* L) na cura de salame tipo italiano**. 2023.
15. CARVAJAL-MACÍAS, Bernardo et al. Sustitución de nitritos en un producto cárnico embutido por nabo (*Brassica rapa*) y sustitución parcial de harina de

papa (*Solanum tuberosum*) por harina de cáscara de mango (*Mangifera indica*) para la evaluación del desarrollo de color y textura. **Informador técnico**, v. 83, n. 1, p. 19-29, 2019.

16. CHANSHOTIKUL, Nachayut; HEMUNG, Bung-Orn. Natural curing of fermented sausage using vegetable powders. **Asia-Pacific Journal of Science and Technology**, v. 25, n. 2, 2020.
17. RÉ AA 2020. **Aplicação de infusões de ervas aromáticas para substituição de aditivos químicos num modelo de carne fermentado** (dissertação de mestrado). Lisboa: FMV-Universidade de Lisboa.
18. SIQUEIRA, Felipe Segabinazzi. **Produção de linguiça frescal utilizando o pó de aipo em substituição ao nitrito e extrato de alecrim como antioxidante**. 2020.
19. DEVÈZE, Christiane Canata. **Substituição de nitrito de sódio por extrato vegetal na elaboração de produto cárneo cozido enlatado**. 2021.
20. SILVA, José Renato et al. **Pigmentos Monascus: fonte de corante natural alimentício**. CIAGRO, 2020. Congresso Internacional da Agroindústria 25 a 27 de setembro de 2020.