



ANGÉLICA SOUSA GUIMARÃES

**ELABORAÇÃO DE APRESUNTADO UTILIZANDO RABANETE
JAPONÊS (*Raphanus sativus* L.) COMO AGENTE NATURAL DE
CURA**

**LAVRAS - MG
2019**

ANGÉLICA SOUSA GUIMARÃES

ELABORAÇÃO DE APRESUNTADO UTILIZANDO RABANETE JAPONÊS (*Raphanus sativus* L.) COMO AGENTE NATURAL DE CURA

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência dos Alimentos para obtenção do título de Mestre.

Prof. Dr. Eduardo Mendes Ramos
Orientador

**LAVRAS – MG
2019**

**Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da Biblioteca
Universitária da UFLA, com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).**

Guimarães, Angélica Sousa.

Elaboração de apresuntado utilizando rabanete japonês
(*Raphanus sativus* L.) como agente natural de cura / Angélica Sousa
Guimarães. - 2019.

102 p. : il.

Orientador(a): Eduardo Mendes Ramos.

Dissertação (mestrado acadêmico) - Universidade Federal de
Lavras, 2019.

Bibliografia.

1. Vegetal. 2. Sais de cura. 3. Produto cárneo curado cozido. I.
Ramos, Eduardo Mendes. II. Título.

ANGÉLICA SOUSA GUIMARÃES

ELABORAÇÃO DE APRESUNTADO UTILIZANDO RABANETE JAPONÊS (*Raphanus sativus* L.) COMO AGENTE NATURAL DE CURA

RESTRUCTURED COOKED HAM ELABORATED WITH DAIKON RADISH (*Raphanus sativus* L.) AS A NATURAL CURING AGENT

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência dos Alimentos para obtenção do título de Mestre.

APROVADA em 22 de fevereiro de 2019.

Dra. Alcinéia de Lemos Souza Ramos UFLA

Dra. Elisângela Elena Nunes Carvalho UFLA

Dr. Paulo Rogério Fontes UFV

Prof. Dr. Eduardo Mendes Ramos
Orientador (UFLA)

**LAVRAS – MG
2019**

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por se fazer presente em todos os momentos da minha vida e por me encorajar a cada novo dia, dando-me forças, sabedoria e serenidade para enfrentar os dias turbulentos e saúde para desfrutar das inúmeras graças que me concedes. Gratidão pelo cuidado nos pequenos detalhes, por guiar e iluminar meus caminhos, obrigada meu Deus!

À Universidade Federal de Lavras (UFLA), especialmente ao Programa de Pós-graduação em Ciência dos Alimentos, ao Departamento de Ciência dos Alimentos (DCA) pela oportunidade e contribuição na minha formação acadêmica.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão da bolsa de Mestrado e ao CNPq (processo MCT 430206/2016-0) e à Fundação para a Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG; processo CVZ APQ-02015-15) pelo apoio financeiro ao projeto de pesquisa, agradeço.

Ao meu orientador, professor Eduardo Mendes Ramos, pela oportunidade da orientação, pelo apoio, motivação, paciência, amizade e, principalmente, por acreditar e confiar no meu trabalho promovendo inúmeras possibilidades de crescimento profissional. Muito obrigada por se dedicar ao nosso trabalho com tanto entusiasmo e verdade!

A professora Alcinéia pela ajuda, ensinamentos, pelo acolhimento, por estar sempre disposta a colaborar e pela gentileza em participar da banca, enriquecendo o trabalho.

A professora Elisângela por toda a contribuição ao decorrer do trabalho, além de todo apoio, ensinamentos, generosidade, por ter aceito o convite em participar da banca e, principalmente, pela sua amizade e humildade. Muito obrigada por nos contagiar com a sua alegria pela vida.

Ao professor Paulo Rogério pela gentileza em participar da banca, colaborando e enriquecendo ainda mais o trabalho.

Aos técnicos e funcionários do DCA, em especial, a Ana Alice, Felipe, Pamela, Dede, Cidinha, Lucilene, Alessandra, Killian e Creuza pela disponibilidade e envolvimento em ajudar nas análises.

Aos meus amigos do LabCarnes, Marielle (Mari), Gabriela (Gabi), Sâmia, Ana Paula, Amanda, Greicy, Hewerton, Letícia, Luanna, Lucas, Douglas, Abel (Abelito) e Irina por terem

me acolhido, pelas risadas, por repartirem seus conhecimentos, vivências e experiências. Também aos amigos Isabel (Bel), Mariana Crivelari (Mari), Kátia (Katita), Letícia, Juliana (Ju), Renata, Ana Lazara, Rafael, Laura, Pedro, Carla, Ana Paula (Paulinha), Sérgio, Mariana Mirelle, Ana Carla, Cíntia, Tina, Jéssyca, Ítalo. Cada um, de forma particular, tornaram a jornada mais leve e prazerosa.

As minhas amigas Lorena (Loren), Lívía (Livinha), Ana Beatriz (Bia) e a minha amiga e irmã Jéssica pela amizade e contribuição com o trabalho. O meu muito obrigada por serem sorrisos nos dias feios, suporte quando o chão nos falta e o abraço confortante. “Só não vê anjos, aquele que não presta atenção nas pessoas que Deus coloca em sua vida” (Padre Fábio de Melo).

Aos meus pais, Osvaldo e Marli, pelo amor incondicional, pelo interesse tão grande e genuíno pela minha felicidade, dividindo comigo todos os meus projetos pessoais e profissionais. Obrigada principalmente por compreenderem que o “ir embora” muitas vezes é necessário, mas por toda vida estaremos sempre juntos e permanecerá a marca dos seus ensinamentos. Como as sábias palavras de Madre Teresa de Calcutá: “Os filhos são como as águias, ensinarás a voar mas não voarão o teu voo. Ensinarás a sonhar, mas não sonharão os teus sonhos. Ensinarás a viver, mas não viverão a tua vida. Mas, em cada voo, em cada sonho e em cada vida permanecerá para sempre a marca dos ensinamentos recebidos”.

Aos meus irmãos, Jéssica e Igor, por todo amor, carinho, confiança, cumplicidade e por dividirmos juntos as alegrias, certas angústias e doces sorrisos. O meu sincero e profundo obrigada, sem vocês, nada disso seria possível. Amo muito vocês!

Enfim, a todos os amigos e familiares que de forma direta ou indireta partilharam desta conquista.

MUITO OBRIGADA!

“Acredite no seu sonho, lute por ele, e quando tiver a oportunidade aproveite como se fosse um momento único em sua vida, e acredite ele pode não ser único, mas vai ser inesquecível.” (Heitor Levinski)

RESUMO

O processo de cura consiste na utilização de sais de nitrito e, ou, nitrato. No entanto, tem havido um aumento na demanda por ingredientes naturais para substituir estes sais sintéticos, impulsionado pela busca e preferência dos consumidores por produtos “naturais” e “orgânicos”. Desta forma, objetivou-se obter e caracterizar derivados de rabanete para uso como agentes naturais de cura, avaliando os efeitos da substituição do nitrito sintético, em um produto curado cozido, e, posteriormente, sobre as propriedades sensoriais e tecnológicas de apresuntados. Caracterizou-se três derivados obtidos de rabanete quanto a composição centesimal, pH, sólidos solúveis, acidez titulável, nitrato, cor instrumental, fenóis, ácido ascórbico e atividade antioxidante e, no produto curado cozido, avaliou-se a cor instrumental e teor de nitrito residual. Nos apresuntados elaborados com os derivados de rabanete (RP: 0,5% rabanete em pó; EA: 3% extrato aquoso; e EP: 0,5% extrato em pó do resíduo) avaliou-se as propriedades físicas e químicas (composição centesimal, perda de peso por cozimento, pH, nitrito residual, cor instrumental, índice de cor curada) e sensoriais (*Check-All-That-Apply*, aceitação e teste de diferença do controle), comparando-os a produtos com 40 e 150 mg/kg de nitrito de sódio (AN40 e AN150). Os derivados de rabanete apresentaram uma tonalidade amarela intensa ($h = 72-105^\circ$; e $C^* = 19-32$), com alta concentração de nitrato e consideráveis quantidades de compostos (ácido ascórbico e fenóis) com capacidade antioxidante, tendo grande potencial de uso como agente natural de cura. No produto curado cozido, apesar do tempo de incubação e o tipo de derivado de rabanete influenciarem a cor curada e o teor de nitrito residual, as características dos produtos foram similares ao nitrito de sódio. Em relação aos apresuntados, nenhuma diferença ($P > 0,05$) foi observada entre os tratamentos para a composição centesimal, perda de peso por cozimento e pH. Maiores ($P < 0,05$) teores de nitrito residual foram observados nas amostras AN150, seguido das com os derivados de rabanete e das AN40. As amostras ARP e AEP apresentaram maiores valores de h do que a AN150, sendo a cor da ARP mais intensa (maior valor C^*) do que as demais. A estabilidade da cor curada não foi afetada ($P > 0,05$) pelos tratamentos. Os consumidores foram capazes de detectar diferenças sensoriais nos apresuntados elaborados com os derivados de rabanete, descritos pelos atributos de sabor e aroma não característicos e aparência com pontos amarelados, em relação aos elaborados com os sais de cura sintéticos, caracterizados pela aparência rosada, superfície brilhante e sabor e aroma de apresuntado. Entretanto, a aceitação quanto à aparência foi similar entre os tratamentos, exceto para as amostras ARP, em que as notas foram inferiores a AN150. De forma geral, os consumidores perceberam um aroma e sabor não característicos nas amostras elaboradas com os derivados, mas as amostras adicionadas de extrato aquoso tiveram aceitação semelhante às amostras AN40 para todos os atributos sensoriais. Concluiu-se que o uso dos derivados de rabanete, em especial o extrato aquoso, mostrou ser uma estratégia promissora como substitutos do aditivo sintético, na elaboração de produtos curados (apresuntado).

Palavras-chaves: Vegetal. Sais de cura. Produto cárneo curado cozido. Análise sensorial.

ABSTRACT

The curing process consists of the use of nitrite and nitrate salts. However, there has been an increase in demand for natural ingredients to replace these synthetic salts, driven by consumer quest and preference for "natural" and "organic" products. Thus, the objective was to obtain and characterize radish derivatives as natural curing agents, evaluating the effects of the substitution of synthetic nitrite on a cooked cured product, and later on the sensory properties and technological parameters of the restructured ham. Three derivatives obtained from radish were characterized to the centesimal composition, pH, soluble solids, titratable acidity, nitrate, instrumental color, phenols, ascorbic acid and antioxidant activity, and in the cured product, the instrumental color and residual nitrite content. The restructured hams produced with radish derivatives (RP: 0.5% powder radish, EA: 3% aqueous extract, and EP: 0.5% powder extract of the residue) were compared to products made with 40 and 150 mg / kg sodium nitrite (AN40 and AN150) for weight loss by cooking, pH, residual nitrite, instrumental color, cured color index) and sensory (Check-All-That-Apply, acceptance and control difference test). The radish derivatives showed an intense yellow hue ($h = 72-105^\circ$ and $C^* = 19-32$), with a high concentration of nitrate and considerable amounts of ascorbic acid and phenols with antioxidant power used as a natural curing agent. In the cooked cured product, despite the incubation time and type of derivative influencing the cured color and the residual nitrite content, the characteristics of the products were similar to the ones made using sodium nitrite. No difference ($P > 0.05$) was observed between the treatments for the centesimal composition, weight loss by cooking and pH. Larger levels of residual nitrite ($P < 0.05$) were observed in samples AN150, followed by radish derivatives and AN40. The ARP and AEP samples had higher values of h than AN150, with the color of ARP being more intense (higher C^* value) than the others. The stability of the cured color was not affected ($P > 0.05$) by the treatments. The consumers were able to detect sensorial differences in the restructured ham elaborated with the derivatives of the radish, described by the attributes of flavor and aroma non characteristic and appearance with yellow spots, in relation to those elaborated with synthetic curing salts, characterized by the rosy appearance, shiny surface and restructured ham flavor and aroma. However, the acceptance regarding appearance was similar between the treatments, except for the ARP samples in which the scores were inferior to AN150. In general, the consumers perceived a flavor and aroma non characteristic in the samples made with the derivatives, but the added samples of aqueous extract had similar acceptance to the AN40 samples for all the sensorial attributes. It is concluded that the use of radish derivatives, especially the aqueous extract, proved to be a promising strategy as substitutes for the synthetic additive, in the elaboration of cured products (restructured ham).

Keywords: Vegetable. Curing salts. Baked cured meat product. Sensory analysis.

LISTA DE FIGURAS

PRIMEIRA PARTE

Figura 1 - Selo orgânico do USDA	20
Figura 2 - Selos orgânicos brasileiros de certificação por auditoria e sistema participativo.....	22
Figura 3 – Representação da mioglobina (esquerda) e do grupo heme (direita).....	23
Figura 4 - Aparência externa e interna do rabanete japonês.....	35

SEGUNDA PARTE

ARTIGO 1

Figura 1 - Fluxograma da elaboração dos derivados de rabanete japonês. RP = rabanete em pó; EP = extrato em pó do resíduo de rabanete; e EA = extrato aquoso de rabanete.....	56
Figura S1- Fotografias das matérias-primas e derivados utilizados no experimento: (A) rabanete japonês <i>in natura</i> , picado em rodela (a1) e extrato aquoso (a2) e resíduo (a3) obtidos em centrífuga extratora de suco; e (B) rabanete em pó obtido da secagem dos rabanetes em rodela (b1 = RP), extrato aquoso após concentração (b2 = EA) e extrato em pó obtido da secagem do resíduo (b3 = EP).....	75
Figura S2- Fotografias dos produtos curados cozidos elaborados com e sem nitrito, com os derivados de rabanete (RP = rabanete em pó; EP = extrato em pó do resíduo de rabanete; e EA = extrato aquoso de rabanete) e submetidos a diferentes tempos de incubação: T1 = sem uso de nitrito e 78 min de incubação; T2 = 150 mg/kg de nitrito de sódio e 78 min de incubação; T3 = 1% RP e 30 min de incubação; T4 = 1% RP e 78 min de incubação; T5 = 1% RP e 120 min de incubação; T6 = 1% EP e 30 min de incubação; T7 = 1% EP e 78 min de incubação; T8 = 1% EP e 120 min de incubação; T9 = 9% EA e 30 min de incubação; T10 = 9% EA e 78 min de incubação; e T11 = 9% EA e 120 min de incubação.....	76

ARTIGO 2

Figura 1 - Valores médios dos índices de vermelho (a*) e de amarelo (b*) dos apresuntados durante o tempo de armazenamento à temperatura ambiente em embalagens com filme de PVC.....	89
Figura 2- Valores médios do ângulo de tonalidade (<i>h</i>) e do índice de cor curada (R650/570 nm) dos apresuntados durante o tempo de armazenamento à temperatura ambiente em embalagens com filme de PVC.....	90
Figura 3 - Representação dos atributos e das formulações de apresuntados elaborados com diferentes concentrações de nitrito de sódio e com os agentes naturais de cura, obtida por meio da análise de correspondência dos dados do CATA. Tratamentos: AN150 = 150 mg/kg de nitrito; AN40 = 40 mg/kg de nitrito; ARP = 0,5% de rabanete em pó; AEA = 3,0% de extrato aquoso de rabanete; AEP = 0,5% de extrato em pó do resíduo de rabanete.....	92
Figura S1- Fotografias dos apresuntados elaborados com nitrito de sódio e com os derivados de rabanete: AN150 = 150 mg/kg de nitrito; AN40 = 40 mg/kg de nitrito; ARP = 0,5%	

de rabanete em pó; AEA = 3,0% de extrato aquoso de rabanete; AEP = 0,5% de extrato em pó do resíduo de rabanete.....101

LISTA DE TABELAS

SEGUNDA PARTE

ARTIGO 1

Tabela 1 - Formulações utilizadas na elaboração dos produtos curados cozidos.....	60
Tabela 2- Rendimento do processo de extração e médias (\pm desvio padrão) da composição centesimal do rabanete <i>in natura</i> e dos derivados obtidos.....	63
Tabela 3 - Média (\pm desvio padrão) das características físicas e químicas do rabanete <i>in natura</i> e dos derivados de rabanete obtidos.....	64
Tabela 4- Média (\pm desvio padrão) do conteúdo total de ácido ascórbico (vitamina C) e compostos fenólicos nas amostras avaliadas e da capacidade antioxidante (métodos ABTS e FRAP) dos derivados de rabanete.....	66
Tabela 5 - Médias (\pm desvio-padrão) dos valores de nitrito residual (NO_2R) e dos índices de cor CIELAB dos produtos curados cozidos elaborados com e sem nitrito (NO_2) e com os agentes naturais de cura (derivados de rabanete) por diferentes tempos de incubação (INC).....	68

ARTIGO 2

Tabela 1 – Formulações utilizadas na elaboração dos apresuntados com os agentes naturais de cura e com diferentes concentrações de nitrito de sódio.....	80
Tabela 2 - Lista dos atributos utilizados na análise CATA para caracterização dos apresuntados.....	82
Tabela 3- Médias (\pm desvio-padrão) das características físicas e químicas dos apresuntados elaborados com diferentes concentrações de nitrito de sódio e com os derivados de rabanete.....	85
Tabela 4- Médias (\pm desvio-padrão) dos índices de cor dos apresuntados elaborados com diferentes concentrações de nitrito de sódio e com os derivados de rabanete.....	87
Tabela 5 - Médias (\pm desvio-padrão) das notas ¹ para aceitação dos atributos sensoriais dos apresuntados elaborados com diferentes concentrações de nitrito de sódio e com os derivados de rabanete.....	93
Tabela 6- Médias (\pm desvio-padrão) das notas da cor dos apresuntados elaborados com derivados de rabanete e com 40 mg/kg de nitrito em relação ao apresuntado padrão (elaborado com 150 mg/kg de nitrito).....	95
Tabela S1- Tabela de contingência para os apresuntados elaborados com diferentes concentrações de nitrito de sódio e com os derivados de rabanete.....	100

SUMÁRIO

PRIMEIRA PARTE.....	13
1 INTRODUÇÃO	14
2 REFERENCIAL TEÓRICO	16
2.1 Tendências do mercado para os produtos cárneos e legislação	16
2.2 Uso de nitrito em produtos cárneos	22
2.2.1 Cor de produtos cárneos.....	22
2.2.2 Sabor e aroma de produtos cárneos	24
2.2.3 Propriedades antioxidantes	26
2.2.4 Propriedades antimicrobianas	27
2.3 Nitrito e saúde humana.....	29
2.4 Substituição do nitrito em produtos cárneos	31
2.4.1 Rabanete japonês.....	34
2.4.2 Redução do nitrato por culturas nitrato-redutoras	38
2.5 Apresentado.....	39
3 CONSIDERAÇÕES FINAIS	41
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	42
SEGUNDA PARTE - ARTIGOS.....	53
ARTIGO 1: Caracterização de agentes de cura naturais obtidos de rabanete japonês (<i>Raphanus sativus</i> L.) para uso na elaboração de produtos cárneos curados cozidos.....	54
ARTIGO 2: Avaliação de derivados do rabanete japonês como substituto de nitrito nas propriedades físico-químicas e sensoriais de apresentados.....	77

PRIMEIRA PARTE

1 INTRODUÇÃO

Atualmente o mercado mundial de carnes têm-se expandido, com destaque para a carne suína e a de frango, o que torna o processamento da matéria-prima indispensável, a fim de proporcionar diversas vantagens tanto para o consumidor quanto para as indústrias de produtos cárneos, como o aproveitamento integral da matéria-prima, o desenvolvimento de novos produtos, agregação de valor, aumento da vida útil e obtenção de uma melhor qualidade, entre outras.

Entre os diversos produtos cárneos processados, destaca-se o consumo crescente pela população de presuntos, bacon, salsichas, hambúrgueres, nuggets, salame e apresuntados. No entanto, a percepção saudável associada aos alimentos “naturais”, “sem conservantes” e “orgânicos” pelos consumidores também tem impulsionado a um aumento significativo na produção destes tipos de alimentos, fazendo com que as indústrias reformulem ou até mesmo inovem em seus produtos. Uma das alternativas no setor cárneo para alcançar este nicho de mercado está relacionado ao desenvolvimento de um processo dito como “cura natural”, que consiste na substituição de nitrito (NO_2) e, ou, nitrato (NO_3) de sódio/potássio por extratos vegetais e de frutas por conterem quantidades significativas de nitrato.

A redução e, ou, substituição dos sais de cura sintéticos em produtos cárneos tem sido um grande desafio, uma vez que, tem papel determinante no desenvolvimento de parâmetros tecnológicos e microbiológicos. Os sais de nitrito e nitrato são aditivos alimentares classificados na categoria de conservantes, os quais, atuam como antioxidante, controlando a oxidação lipídica, e inibem o crescimento de microrganismos patogênicos como o *Clostridium botulinum*. Além disso, são responsáveis pelo desenvolvimento dos atributos sensoriais característicos de produtos curados, como o sabor, o aroma e a cor, que são fundamentais para atender as necessidades e os desejos dos consumidores de produtos “naturais” e “orgânicos”, visto que devem apresentar as características sensoriais similares aos produtos curados convencionais.

Desta forma, apesar das vantagens tecnológicas, a redução e, ou, substituição dos sais de cura sintéticos por fontes naturais de nitrito tem se tornado cada vez mais promissora devido as mudanças provenientes das demandas dos consumidores por uma alimentação mais saudável. Embora existam uma variedade de fontes naturais, como vegetais e frutas, que contenham quantidades consideráveis de nitrato, posteriormente convertido a nitrito, que é o agente ativo do

processo de cura, seus sabores ou cores característicos são fatores limitantes para a aplicação em produtos cárneos curados.

O vegetal que tem sido mais aplicado nos estudos e considerado compatível com os produtos cárneos é o extrato de aipo (*Apium graveolens*). No entanto, o rabanete japonês (*Raphanus sativus* L.), também conhecido no Brasil como nabo japonês, apresenta um potencial considerável como substituto do nitrito de sódio, uma vez que apresenta alto teor de nitrato, coloração clara, textura macia, além da composição nutricional distinta, sendo rico em vitaminas, minerais e compostos bioativos.

O interesse em agregar valor nutricional, ampliar a diversidade e disponibilidade dos produtos cárneos curados “naturais” e “orgânicos” e o potencial do rabanete japonês, torna-se indispensável o estudo da sua aplicação sobre as características físicas, químicas e sensoriais. Diante do exposto, os objetivos nesse trabalho foram caracterizar os agentes naturais de cura obtidos do rabanete japonês e avaliar os efeitos da substituição do nitrito de sódio nos parâmetros físicos, químicos e sensoriais de apresuntados.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Tendências do mercado para os produtos cárneos e legislação

Nos últimos anos, nota-se um aumento na produção mundial de carnes, principalmente, uma expansão no índice de produtividade da carne suína e da carne de frango, sendo que a carne suína apresentou um acréscimo de 0,8% na produção nacional no ano de 2016. Em relação à carne suína, o Brasil ocupa a quarta posição entre os maiores produtores mundiais com uma produção de 3.725 mil toneladas em 2017, colocação inferior apenas à China, à União Europeia e aos Estados Unidos que tiveram um montante de 53.400, 23.675 e 11.610 mil toneladas, respectivamente. O país ainda se encontra na mesma colocação quanto à exportação, com 786 mil toneladas, dos quais os maiores produtores são representados por Santa Catarina (26,83%), seguido por Paraná (21,65%), Rio Grande do Sul (19,01%) e, em quarto lugar, Minas Gerais (12,14%) (EMBRAPA, 2018).

Segundo estimativas da Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (FAO), a ingestão de carnes (bovina, suína e frango) no mundo aumentará 15% até o ano de 2024 (MAPA, 2017a). Um dos motivos para esse aumento é o fato dos alimentos de origem animal, como os produtos cárneos e a carne, fornecerem quantidades significativas de energia, proteínas de alto valor biológico e micronutrientes na dieta quando ingeridos regularmente (JIMÉNEZ-COLMENERO et al., 2001; DECKER; PARK, 2010).

Concomitantemente ao aumento da ingestão de carnes, observa-se também o aumento no consumo de produtos cárneos processados. De acordo com estudos, o consumo médio diário de carne processada em vários países europeus, como na Alemanha, é de 83,2 g/dia para os homens e de 40,9 g/dia para as mulheres (McAFEE et al., 2010). No Brasil, segundo a Associação Brasileira das Indústrias da Alimentação (ABIA, 2017), a categoria dos produtos cárneos (embutidos) tem-se apresentado como um dos itens alimentícios com maior crescimento em vendas e em valor nos gastos das famílias com alimentos, registrando um aumento de 11,1% nos gastos das famílias com a compra de presuntos.

Neste contexto, o mercado de produtos orgânicos também tem demonstrado um crescimento considerável, tornando-se uma tendência mundial estes empreendimentos

sustentáveis que baseiam as suas atividades de produção fundamentadas em um desenvolvimento socioambiental, promovendo benefícios à comunidade e à sustentabilidade (JOUZI et al., 2017).

Em 2015, 179 países exerciam alguma atividade com produção de alimentos orgânicos, no entanto, no ano de 2016, apenas 87 países apresentavam a regulamentação. Destaca-se que o mercado global de alimentos e bebidas orgânicas em 2015 alcançaram um total de 81,6 bilhões de dólares, visto que os países com os maiores mercados orgânicos eram os Estados Unidos, a Alemanha e a França, com 39,7; 9,5 e 6,1 bilhões de dólares, respectivamente (WILLER; LERNOUD, 2016).

O Brasil está se estabelecendo neste setor como um grande produtor e exportador de alimentos orgânicos, apresentando mais de 15 mil propriedades certificadas e em processo de transição, tendo um crescimento de mais de 20% ao ano e cerca de 70% da sua produção exportada para a Europa (SEBRAE, 2018).

A pecuária orgânica inclui práticas que objetivam manter a linha da produção ecológica, por meio de padrões de saúde e bem-estar dos animais e, assim, fornecendo produtos de alta qualidade (SUNDRUM, 2001). Quanto aos produtos cárneos orgânicos, a matéria-prima deve ser oriunda do sistema de criação animal citado anteriormente e não podem apresentar em suas formulações, os sais de cura sintéticos (nitrito e/ou nitrato) (SINDELAR, 2006).

Segundo Wander et al. (2007), o processo de comercialização dos produtos orgânicos é um dos principais problemas encontrados, devido à sua complexidade e em razão da necessidade de estabelecer uma relação de confiança entre os produtores e os consumidores, sendo que os fatores que mais estimulam os consumidores a optarem pelo consumo destes produtos são a preocupação com a saúde, o sabor, a cor, a textura e a garantia da procedência. E entre os fatores limitantes pode-se citar: o custo mais elevado, menor disponibilidade no mercado e a falta de conhecimento e informações sobre estes produtos.

No entanto, nos processos convencionais de elaboração dos produtos cárneos são permitidos adicionar às formulações ingredientes como condimentos, especiarias, aditivos ou até mesmo coadjuvantes para contribuir com a qualidade do produto final elaborado (BRASIL, 2017).

O aditivo alimentar é definido como qualquer ingrediente adicionado intencionalmente aos produtos, isento da finalidade de nutrir, mas com o intuito de modificar as características

físicas, químicas, biológicas ou sensoriais durante o processamento, embalagem, estocagem e transporte do alimento (BRASIL, 2002).

Segundo a Resolução nº 259, de 20 de setembro de 2002 (BRASIL, 2002), os aditivos alimentares devem ser declarados na lista de ingredientes, devendo ser mencionadas as seguintes informações: a função principal desempenhada no alimento, identificação com o nome completo ou seu número INS (Sistema Internacional de Numeração, Codex Alimentarius FAO/OMS), ou ambos.

O nitrito (NO_2) e o nitrato (NO_3) de sódio/potássio são aditivos importantes utilizados pela indústria do setor cárneo na categoria de conservantes, sendo o nitrito de potássio e de sódio identificados pelos números INS 249 e 250, enquanto o nitrato de potássio e de sódio pelos números INS 252 e 251, respectivamente (BRASIL, 2006).

A regulamentação da produção e processamento dos alimentos naturais e orgânicos nos Estados Unidos é realizada pelo Departamento de Agricultura (*United States Department of Agriculture*; USDA). Os produtos cárneos “naturais” e “orgânicos” são classificados em duas categorias separadas e distintas definidas em termos das exigências de regulamentação e rotulagem no país, de modo que em ambas categorias de produtos não pode haver a adição de nitrito e/ou nitrato de sódio/potássio. (SEBRANEK; BACUS, 2007). No entanto, o USDA permite a fabricação de versões não curadas de produtos cárneos curados típicos, de acordo com o Code of Federal Regulations (2006), título 9 e seção 319.2 (9 CFR 319.2) que define: “produto não curado” é qualquer produto em que o nitrato ou nitrito é permitido ou deve ser adicionado, mas pode ser fabricado sem este aditivo e deve ser rotulado com o nome padrão precedido imediatamente do termo não curado (*uncured*) no mesmo tamanho e estilo de letras que o resto do nome padrão, desde que o produto “não curado” seja semelhante ao produto elaborado com sais de cura sintéticos, ou seja, similar em tamanho, sabor, textura e aparência global.

“Além disso, o rótulo deve conter a indicação “sem nitratos ou nitritos adicionados”, mas com a afirmação “exceto para aqueles que ocorrem naturalmente em [cita – se o nome da fonte natural de nitrito, como o pó de aipo]”, com a finalidade de não ser considerado falso e enganador”.

Sindelar (2006) destaca que todos os produtos descritos nos rótulos como orgânicos e naturais são não curados, mas nem todos os produtos não curados são necessariamente naturais ou orgânicos.

Os produtos cárneos rotulados como “naturais” devem seguir o termo preconizado e definido pelo *USDA Food Standards and Labeling Policy Book* (USDA, 2005) e atender a definição de que:

“O produto não contém nenhum sabor ou aromatizante artificial, corante ou conservante químico (conforme definido em 21 CFR 101.22), ou qualquer outro ingrediente artificial ou sintético; e o produto e seus ingredientes não são mais do que minimamente processados”.

O termo minimamente processado inclui:

“Os processos tradicionais utilizados para produzir alimentos comestíveis ou preservá-los ou torna-los seguros para o consumo humano, como por exemplo, defumação, assamento, congelamento, secagem e fermentação, ou os processos físicos que não alteram fundamentalmente o produto cru e/ou que apenas separam um alimento inteiro e intacto em partes, por exemplo, moagem de carne” (USDA, 2005).

Já os produtos orgânicos, segundo Sebranek e Bacus (2007), possuem legislação mais rigorosa regida pelo *USDA Organic Foods Production Act* (OFPA) e são melhores conceituados. O OFPA fornece uma lista de substâncias permitidas e proibidas que podem ser utilizadas e desenvolveu os Padrões Nacionais de Programas Orgânicos, estabelecendo os métodos, práticas e substâncias a serem empregadas na produção, orientações de processamento e manuseio dos alimentos rotulados orgânicos (SEBRANEK; BACUS, 2007; WINTER; DAVIS, 2006).

Os alimentos intitulados orgânicos devem apresentar o selo orgânico do USDA (Figura 1) e serem provenientes de uma fazenda certificada. A carne, por exemplo, deve ser produzida sob uma gestão orgânica (SEBRANEK; BACUS, 2007; WINTER; DAVIS, 2006).

Figura 1 - Selo Orgânico do USDA.



Fonte: USDA (2017).

De acordo com a legislação americana, os produtos orgânicos podem ser rotulados da seguinte maneira: (i) “100% orgânico” que deve apresentar em suas formulações somente ingredientes produzidos organicamente (exceção do sal e água, tidos como naturais); (ii) “orgânico” para os produtos que contenham um limite mínimo de 95% de ingredientes orgânicos, excluindo a água e o sal e (iii) “fabricados com ingredientes orgânicos” que devem ter pelo menos 70% de ingredientes produzidos organicamente (USDA, 2017).

Quanto à rotulagem, os produtos “100% orgânicos” e os “orgânicos” podem incluir o selo orgânico na parte de exibição principal (frontal) das embalagens. Os produtos “fabricados com ingredientes orgânicos” podem listar até três destes ingredientes na parte frontal da embalagem, mas não podem inserir o selo de orgânico e os produtos com menos de 70% de ingredientes orgânicos, além de não poder colocar o selo orgânico na parte frontal do produto, só podem listar os ingredientes orgânicos na lista de ingredientes e na porcentagem de ingredientes orgânicos (USDA, 2017).

No Brasil, a regulamentação para os produtos orgânicos é feita de uma forma mais abrangente, ao contrário dos Estados Unidos, em que se conceitua diferentemente em várias categorias os produtos cárneos que utilizam extratos vegetais em substituição aos sais de cura sintéticos.

Alguns dos termos complementares para se rotular os produtos que também englobam a produção orgânica são: “natural”, “ecológico”, “biodinâmico”, “da agricultura natural”, “regenerativo”, “biológico”, agroecológico”, “permacultura” e “extrativismo sustentável orgânico” (BRASIL, 2009a; CARRANO, 2008).

Nacionalmente, a regulamentação da produção e processamento dos alimentos orgânicos é realizada pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). Pela legislação brasileira (lei nº 10.831, de 23 de dezembro de 2003), o produto orgânico na forma *in natura* ou processado é aquele adquirido de um sistema orgânico de produção agropecuária ou de processo extrativista sustentável e não prejudicial ao ecossistema local (MAPA, 2017b).

Atualmente, o que caracteriza o produto como orgânico é o selo, sendo necessário que o produtor orgânico esteja listado no Cadastro Nacional de Produtores Orgânicos, possível apenas com o certificado obtido por meio de uma das três maneiras (MAPA, 2017b; DAROLT, 2015): (i) Certificação por Auditoria: a permissão do selo orgânico (Figura 2) é realizada por uma certificadora pública ou privada credenciada pelo MAPA. A avaliação das conformidades segue procedimentos e critérios internacionais, e também, obrigações técnicas brasileiras; (ii) Sistema Participativo de Garantia (SPG): definido pelo compromisso coletivo dos membros do SPG, podendo ser integrantes os produtores, consumidores, técnicos, entre outros. É necessário que um SPG tenha posse de um Organismo Participativo de Avaliação da Conformidade (Opac) legalmente constituído e credenciado pelo MAPA, que responderá pela emissão do selo (Figura 2). O próprio grupo fiscaliza os componentes pertencentes, garantindo a qualidade; e (iii) Organização de Controle Social (OCS): a legislação brasileira permite a certificação facultativa para a comercialização direta aos consumidores finais por agricultores familiares, que devem fazer parte de uma OCS cadastrada no MAPA. No entanto, os produtos orgânicos não certificados não podem ter o selo, o agricultor na venda direta pode apenas colocar no rótulo do produto ou no ponto de venda a expressão “produto orgânico para venda direta por agricultores familiares organizados, não sujeito à certificação”.

Os ingredientes empregados no processamento de produtos orgânicos devem ser oriundos de produção do Sistema Brasileiro de Avaliação da Conformidade Orgânica. Na ausência de ingredientes agropecuários produzidos em sistema de produção orgânica, pode-se utilizar matéria-prima não orgânica em quantidade inferior a 5% em peso (BRASIL, 2009b).

Em relação aos produtos cárneos, a carne deve ser proveniente de um sistema de produção em que o manejo animal visa o cuidado e qualidade da pastagem, animais em bom estado de saúde e bem-estar e o tratamento veterinário não pode utilizar antibióticos e outros produtos químicos (DAROLT, 2015).

Figura 2 - Selos orgânicos brasileiros de certificação por auditoria e sistema participativo.



Fonte: MAPA (2017b).

Quanto à rotulagem brasileira para o uso de aditivos ou ingredientes que não sejam de origem certificada orgânica, utiliza-se os seguintes critérios (BRASIL, 2009a): “I – para produtos com 95% ou mais de ingredientes orgânicos, deverão ser identificados os ingredientes não orgânicos e poderão utilizar o termo ‘orgânico’ ou ‘produto orgânico’; II – para produtos com 70% a 95% de ingredientes orgânicos, os rótulos deverão identificar esses ingredientes orgânicos e apresentar os dizeres ‘produto com ingredientes orgânicos’; e III – os produtos com menos de 70% de ingredientes orgânicos não poderão ter nenhuma expressão relativa à qualidade orgânica. Água e sal adicionados não devem ser incluídos no cálculo do percentual de ingredientes orgânicos”.

2.2 Uso de nitrito em produtos cárneos

O nitrito desempenha inúmeras funções importantes e distintas nos produtos cárneos curados, sendo usado com o propósito de desenvolver cor, sabor e aroma, atuar como antioxidante no controle da oxidação lipídica e, também, inibir o crescimento de microrganismos patogênicos como o *Clostridium botulinum* (KO; PARK; YOON, 2017).

2.2.1 Cor de produtos cárneos

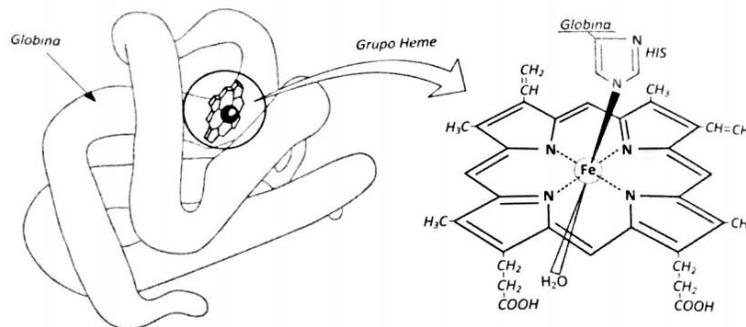
Não é segredo que a cor desempenha um papel vital na percepção por parte do consumidor em relação à qualidade e segurança dos produtos cárneos. De acordo com Price e Schweigert (1994), a cor é uma das características mais importantes das carnes frescas e curadas, dado que é o atributo primário julgado pelo consumidor antes da compra. Uma característica

muito peculiar das carnes curadas é a cor rósea que resulta da interação do óxido nítrico proveniente da adição dos sais de nitrito/nitrato com a mioglobina.

A cor resulta da combinação da absorção e reflexão da luz polarizada sobre os pigmentos de uma superfície ou alimento. O principal pigmento relacionado com a coloração da carne é a mioglobina (Mb), representada na Figura 3, e a hemoglobina (Hb), o pigmento do sangue, também tem certa importância. Ambas são proteínas sarcoplasmáticas conjugadas, contendo um grupo prostético heme ligado a uma molécula de proteína globular (globina) e com afinidade pela molécula de oxigênio (GOMIDE; RAMOS; FONTES, 2013).

O grupo heme apresenta uma estrutura tetrapirrólica cíclica chamada anel de porfirina. O anel de porfirina espacialmente é uma estrutura com conformidade plana, na qual o metal ferro está fortemente unido ao ponto central do anel por meio de ligações covalentes ordinárias com os átomos de nitrogênio dos quatros grupos pirrólicos. Por meio de um resíduo de histidina (HIS) da cadeia polipeptídica o átomo de ferro é unido à globina, apresentando seis valências de coordenação, podendo estar na forma reduzida (Fe^{+2}) ou oxidada (Fe^{+3}) (Figura 3). Quando o estado do ferro é reduzido, a sexta valência perpendicular se apresenta livre, servindo como sítio de ligação para diversos átomos ou moléculas, entre elas, podem-se citar O_2 , CO_2 , CO , NO , H_2O , ocorrendo o desenvolvimento de derivados químicos de colorações e estabilidades variadas (GOMIDE; RAMOS; FONTES, 2013).

Figura 3 – Representação da mioglobina (esquerda) e do grupo heme (direita).



Fonte: GOMIDE; RAMOS; FONTES (2013).

O nitrito (NO_2) é o agente ativo da cura utilizado para o desenvolvimento da cor, sabor e aroma peculiares dos produtos cárneos curados (HONIKEL, 2008; WAGA; TAKEDA;

SAKATA, 2017). Contudo, o nitrato (NO_3) ao decorrer do processamento é convertido a nitrito pela atividade das bactérias presentes na carne, denominadas de nitrato redutoras (WAGA; TAKEDA; SAKATA, 2017).

O nitrato é adicionado juntamente com o nitrito para que ao decorrer do processo de cura, o nitrato seja reduzido a nitrito de forma gradual, uma vez que, em altas quantidades, o nitrito oxida os anéis porfirínicos e tem-se o desenvolvimento de manchas de coloração esverdeada nos produtos cárneos (RIBEIRO; SERAVALLI, 2007).

O nitrito em pH 5,5 reduz-se a óxido nitroso (NO), o qual reage com a mioglobina, ou com a oximioglobina, ou com a metamioglobina. A ligação deste gás (NO) à molécula de mioglobina origina o pigmento denominado nitrosomioglobina (NOMb), de cor vermelho-rósea. Quando aquecido, o nitrosomioglobina forma o pigmento nitroso hemocromo, de cor rósea, o qual é estável ao calor e característico de produtos cárneos curados cozidos (GOMIDE; RAMOS; FONTES, 2013; RIBEIRO; SERAVALLI, 2007). Um tempo mínimo de 2 horas é considerado necessário para converter 90% de nitrito em óxido nítrico para posterior ligação na mioglobina e para formação de nitrosomioglobina (LEE; CASSENS, 1976) e, por sua vez, formação de nitroso hemocromo.

Para a obtenção da coloração desejada dos produtos cárneos a adição de 50 mg/kg de nitrito é suficiente (RIBEIRO; SERAVALLI, 2007). Porém, Sindelar e Milkowski (2012) afirmam que a quantidade de nitrito adicionado reduz com o decorrer do processamento e do tempo de armazenamento, devido ao fato de reagir ou se ligar aos componentes químicos da carne, permanecendo cerca de 10 a 20%, no qual é denominado de nitrito residual. Diante disso, uma pequena quantidade de 10 a 15 mg/kg de nitrito residual seria necessário para manter a cor curada durante o armazenamento.

2.2.2 Sabor e aroma de produtos cárneos

O nitrito é responsável por desenvolver um perfil de sabor diferenciado e único aos produtos cárneos, sendo notável a diferenciação destes produtos em relação aos que não possuem este ingrediente de cura (SINDELAR; MILKOWSKI, 2012). Sindelar et al. (2007a) confirmaram em seu estudo que o presunto elaborado com nitrito de sódio (200 mg/kg) foi melhor pontuado pelos julgadores quanto ao aroma e sabor de presunto.

Uma das justificativas para a diferenciação do sabor é o fato de o nitrito atuar como antioxidante, adiando a oxidação lipídica e o desenvolvimento de compostos de sabor relacionados à rancidez oxidativa (SINDELAR; MILKOWSKI, 2012). O mecanismo da oxidação lipídica envolve reação em cadeia composta de etapas de iniciação, propagação e término, que geram produtos como hidroperóxidos que se decompõem em hexanal, pentanal e malonaldeído, responsáveis pelo sabor e aroma indesejáveis (GRAY et al., 1981).

O sabor da carne é uma característica complexa que engloba inúmeros atributos, podendo citar entre eles, o gosto, o aroma e a textura. A sensação de sabor é produzida por um conjunto de compostos voláteis oriundos do processo de cozimento da carne, referentes às propriedades olfativas, somado às gustatórias derivadas de inúmeros precursores não voláteis que são hidrossolúveis e lipossolúveis, sendo compostos que apresentam baixo peso molecular como glicoproteínas, açúcares redutores, aminoácidos ácidos e seus produtos de degradação (GRAY et al., 1981; DUTCOSKY, 2013).

O calor desempenha inúmeras funções que contribui para o sabor e aroma característicos da carne, uma vez que: (i) libera precursores do sabor que se encontram na parte lipídica (gordura); (ii) propicia a homogeneização adequada dos componentes hidrossolúveis e lipossolúveis; e (iii) acelera as reações de cor, sabor e aroma denominada de “Reação de Maillard” que ocorre entre açúcares redutores e proteínas (GRAY et al., 1981; HERZ; CHANG, 1970).

Para se obter o sabor e aroma característicos dos produtos cárneos curados, a quantidade de 50 mg/kg de nitrito é suficiente (RIBEIRO; SERAVALLI, 2007; ALAHAKOON et al., 2015; SINDELAR; MILKOWSKI, 2011). A relação do nitrito com a produção do sabor e aroma são aspectos ainda pouco compreendidos, fazendo-se necessário mais investigações para elucidação dos mecanismos envolvidos. No entanto, sugere-se que não é apenas o nitrito que produz o sabor curado, mas uma combinação de nitrito e outros voláteis produzidos a partir do ambiente complexo da carne (TOLDRA et al., 2009). Uma vez que o sistema de carne possui características variadas e peculiares, o composto exato responsável pelo sabor curado permanece ainda desconhecido.

2.2.3 Propriedades antioxidantes

Outro benefício do uso do nitrito em produtos cárneos curados refere-se à sua capacidade antioxidante, retardando o processo de rancidez oxidativa e, posteriormente, do sabor de requeitado (*warmed-over flavor*) ao longo do decorrer do tempo de armazenamento (VASAVADA; CORNFORTH, 2005; YUN et al., 1987).

A rancidez oxidativa é uma das razões da deterioração na qualidade e nos aspectos sensoriais dos alimentos ricos em lipídios, ocasionando modificações indesejáveis de cor, sabor, aroma e textura (RIBEIRO; SERAVALLI, 2007). O índice e o grau da oxidação lipídica estão relacionados à inúmeros fatores, entre eles, os ácidos graxos constituintes (quantidade, posição, número de ligações, geometria das ligações), temperatura, tempo, concentração e remoção do oxigênio e acréscimo de antioxidantes e/ou agentes redutores (SHAHIDI, 1998; SINDELAR; MILKOWSKI, 2011).

Em uma abordagem abrangente, antioxidante é definido como qualquer substância presente em baixas concentrações se comparado à do substrato oxidável, capaz de retardar ou impedir de forma eficiente a oxidação do substrato (SIES; STAHL, 1995). Sabe-se que a rancidez oxidativa é adiada em carnes curadas com o uso de nitrito, mas os mecanismos exatos para esta ação antioxidante ainda estão em discussão, sendo propostas quatro formas diferentes (PEGG; SHAHIDI, 2000): i) reação do nitrito com pigmentos heme que formam um complexo estável; ii) ação em membranas de tecido que estabilizam seus lipídios insaturados (fosfolipídios), iii) ação do nitrito como um quelante de metal; e iv) a formação de compostos nitrosos que podem atuar como eliminadores de radicais.

A atividade antioxidante do nitrito deve-se ao potencial do óxido nítrico em se ligar e estabilizar o ferro heme, formando o pigmento nitroso hemocromo, característico da carne curada. A molécula de oxigênio e outras espécies reativas de oxigênio, denominadas ERO's, reagem, sendo sequestrados pelo óxido nítrico, o qual, como um radical livre, promove o término da reação em cadeia na via de auto-oxidação (FORD; LORKOVIC, 2002; PEGG; SHAHIDI, 2000; ALAHAKOON et al., 2015). Além disso, o nitrito bloqueia a atividade pró-oxidante do ferro, a partir da estabilização do ferro heme e sequestrando o ferro não heme livre. A diminuição da quantidade de ferro livre liberado no processo de cozimento e de radicais livres, como alquil, alcoxil, peroxil, oriundos dos lipídios, também contribui para evitar a oxidação lipídica em

produtos cárneos, uma vez que estes radicais são aceleradores desse processo de deterioração (BERGAMASCHI; PIZZA, 2011; PARTHASARATHY; BRYAN, 2012; ALAHAKOON et al., 2015).

Outro mecanismo relatado sobre a ação antioxidante do nitrito, relaciona-se com a solubilidade do óxido nítrico nas gorduras que, desta maneira, reagem com radicais lipídicos e ocorre finalização da reação oxidativa em cadeia (SKIBSTED, 2011; BERARDO et al., 2016).

Os valores de substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS) é um índice analítico empregado para medir o grau de oxidação, sendo os resultados expressos em miligramas de malonaldeído (MDA) por quilograma de amostra (mg MDA/kg). Um número de TBARS de 0,5 a 1,0 mg de substância reativa de TBA por kg de alimento é considerado o limiar de odor oxidado, enquanto o limiar para sabor oxidado é de 1,0 a 2,0 mg/kg (TARLADGIS et al., 1960). A adição de nitrito na carne cozida pode reduzir significativamente os valores de TBARS para carne bovina, frango, suína e peixe. A adição de 100 mg/kg de nitrito reduziu os valores de TBARS em 57 a 72%, enquanto a adição de 200 mg/kg reduziu os valores de TBARS em 87 a 91% (MORRISSEY; TECHIVANGANA, 1985).

Berardo et al. (2016), em seus estudos sobre o efeito do ascorbato e nitrito de sódio na oxidação de proteínas e lipídios em salsichas fermentadas, verificaram que os tratamentos com ascorbato de sódio (500 mg/kg); nitrito de sódio (150 mg/kg); e ascorbato (500 mg/kg) + nitrito de sódio (150 mg/kg) apresentaram valores menores de MDA em comparação com o tratamento controle (sem ascorbato e nitrito de sódio).

2.2.4 Propriedades antimicrobianas

A carne é um meio ideal para a multiplicação de diversos microrganismos, devido ao fato de apresentar alto teor de água (70 a 80%), ser rica em nutrientes (proteínas, peptídios, aminoácidos, minerais), possuir pH favorável, entre outras condições, por isso, um alimento altamente perecível e que deve ser processado e armazenado adequadamente (HOLCK et al., 2017).

Ademais das funções de cor, sabor e das propriedades antioxidantes, o nitrito na carne curada é um importante agente antimicrobiano, tendo um impacto considerável na qualidade e segurança alimentar. Os nitratos e nitritos desempenham um papel fundamental como agentes

bacteriostático e bactericida, ou seja, inibe a multiplicação de bactérias anaeróbicas, a qual, a mais importante é o *Clostridium botulinum* e contribui no controle de outros microrganismos patogênicos, tais como a *Listeria monocytogenes* (SEBRANEK; BACUS, 2007; MULLER – HERBST et al., 2016; HORSCH et al., 2014; HOSPITAL; HIERRO; FERNÁNDEZ, 2012).

O efeito do nitrito e o provável mecanismo inibitório diferem entre as espécies de bactérias. A eficácia do nitrito como agente antibotulínico depende de vários fatores ambientais, incluindo pH, concentração de cloreto de sódio, presença de agentes redutores, teor de ferro e níveis de nitrito residual no produto (TOMPKIN, 2005).

O *Clostridium botulinum* é uma bactéria Gram-positiva, anaeróbia obrigatória e formadora de esporos em condições de crescimento adversas. A preocupação com a segurança alimentar e este patógeno deve-se ao fato da sua capacidade de produzir a toxina mais potente em alimentos, denominada neurotoxina botulínica que causa uma intoxicação alimentar que pode ser fatal (CUI; GABRIEL; NAKANO, 2010; GHABRAIE et al., 2016; LINDSTROM; KIVINIEMI; KORKEALA, 2006).

A proliferação de *Clostridium botulinum* e produção da neurotoxina no alimento ocorre quando se tem um meio anaeróbico, $\text{pH} > 4,5$, baixa concentração de sal e açúcar, temperaturas de 4 a 121 °C, ou seja, seus esporos são as formas mais resistentes, podendo suportar altas temperaturas e o processamento de alimentos, enquanto as toxinas são destruídas a uma temperatura de 85 °C por 5 minutos (PROVERBIO et al., 2016).

Pierson e Smooth (1982) sugeriram que a ação do nitrito contra o *C. botulinum* ocorre em dois estágios diferentes, sendo que no primeiro há controle da inibição das células vegetativas que surgem dos esporos sobreviventes, enquanto no segundo ocorre a prevenção da divisão celular e da multiplicação de qualquer célula vegetativa que possa surgir dos esporos sobreviventes. Segundo Tompkin (2005), o ácido nitroso (HNO_2) e/ou o óxido nítrico (NO) podem ser responsáveis pelos efeitos inibitórios do nitrito. O nitrito inibe a multiplicação do *C. botulinum* interferindo em enzimas ferro-enxofre, como a ferredoxina, evitando a síntese de adenosina trifosfato (ATP) a partir do piruvato (JAY et al., 2005). No entanto, as conclusões sobre o mecanismo exato de como o nitrito inibe o *C. botulinum* ainda não é conclusivo.

Além da inibição de *C. perfringens* e de *C. botulinum*, o nitrito é capaz de controlar a multiplicação de *Listeria monocytogenes* (DUFFY; VANDERLINDE; GRAU, 1994; NGUTTER; DONNELLY, 2003). A *Listeria monocytogenes* tornou-se um assunto de preocupação para

processadores de carne devido à sua capacidade de suportar um ambiente adverso, como temperaturas de refrigeração, bem como contaminar produtos crus, como leite, queijo, frango, peixe, vegetais, frutas, produtos prontos para o consumo e os produtos à base de carne crua (LUNGU; RICKE; JOHNSON, 2009; MULLER – HERBST et al., 2016). É altamente adaptável, capaz de se desenvolver em condições ambientais críticas, como em temperaturas de 1,7 a 45 °C, pH entre 4,5 a 9,2 e concentrações de cloreto de sódio (NaCl) de até 11,5% (JUNTTILA; NIEMELÄ; HIRN, 1988; McCLURE et al., 1997; PETRAN; ZOTTOLA, 1989; MULLER – HERBST et al., 2016).

Muller-Herbst et al. (2016), em seu estudo sobre a ação do nitrito na inibição da *Listeria monocytogenes*, verificaram que a combinação de acidificação por ácido lático e a presença do nitrito é uma estratégia de obstáculos adequada para impedir o crescimento do patógeno *Listeria monocytogenes in vitro* e no produto salsicha, uma vez que os dados da transcrição indicaram uma destruição dos processos celulares da bactéria após a exposição ao nitrito acidificado.

Para garantir a segurança microbiológica dos produtos cárneos, Ribeiro e Seravalli (2007) citam que são necessários adicionar quantidades superiores a 50 mg/Kg de nitrito, correspondente a 150 mg/Kg, para que se tenha um valor de nitrito residual no produto final adequado para exercer esta função. Aberle et al. (2001) reportaram que níveis entre 40 e 80 mg/kg de nitrito residual são necessários para prevenir a formação de esporos de *C. botulinum* em produtos cárneos.

2.3 Nitrito e saúde humana

No organismo, existem duas fontes de nitrito e nitrato, endógena e a exógena. No entanto, a exposição humana ao nitrato na forma endógena é fundamentalmente oriunda da saliva (93%), enquanto a exposição ao nitrito na forma exógena, cerca de 7%, provém da dieta (SINDELAR; MILKOWSKI, 2012; ARCHER, 2002).

Nitratos e nitritos fazem parte do ciclo do nitrogênio das plantas e são subprodutos da fotossíntese das plantas verdes (BEDNAR; KIES, 1994), por isso, contribuem significativamente com a ingestão destes compostos na alimentação humana. A Organização Mundial de Saúde estima-se que a ingestão diária de nitrato seja de 43 a 141 mg e de 1,2 a 3 mg de nitrito (SINDELAR; MILKOWSKI, 2012; ARCHER, 2002; WHO, 2016).

Os nitritos e os nitratos são absorvidos pelo trato gastrointestinal, podendo ser captados no estômago e no intestino delgado. Uma parte, cerca de 25% do nitrato consumido, é transportado para a cavidade bucal compondo a saliva, na qual, estima-se que a concentração é dez vezes maior do que no plasma. O nitrato é convertido a nitrito por bactérias nitrato redutoras localizadas na língua. Em sua grande maioria, o nitrato ingerido é excretado por via renal (WHO, 2016).

Nitratos e nitritos apresentam diferentes efeitos na saúde. Embora sejam quase sempre associados ao seu efeito prejudicial à saúde, podem promover o bem-estar fisiológico no corpo humano. A molécula de óxido nítrico (NO) está envolvida em muitos processos fisiológicos fundamentais que são benéficos à saúde, entre eles, vasodilatação, diminuindo a pressão arterial e contribuindo para outras funções cardiovasculares, manter a sinalização do sistema nervoso, destruir células patogênicas, regular o fluxo sanguíneo epitelial da mucosa, produzir muco e impedir a atividade plaquetária (MILKOWSKI et al., 2010; LUNDBERG; WEITZBERG; GLADWIN, 2008).

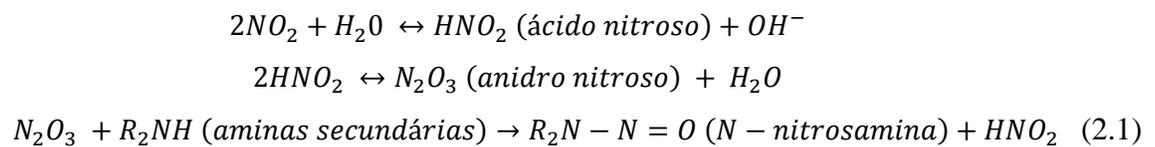
Apesar dos conservantes serem permitidos para utilização em alimentos e serem seguros, teores de nitrato e nitrito acima de 300 mg/kg de peso corporal são considerados tóxicos ao ser humano e pode ocasionar inúmeros problemas de saúde, bem como ser até mesmo letal (PIERSON; SMOOTH, 1982). Os riscos mais evidentes da alta ingestão de nitrito são devidos à incidência de metaemoglobinemia no sangue e a formação de substâncias denominadas nitrosaminas.

A metaemoglobinemia no sangue ocorre quando os nitritos combinam-se com o ferro da hemoglobina das células vermelhas, promovendo a oxidação do íon ferroso (Fe^{2+}) à forma férrica (Fe^{3+}), originando a metaemoglobina. A formação da metaemoglobina (HbFe^{3+}) reduz a capacidade de transporte do oxigênio pela hemoglobina do sangue, além de aumentar a afinidade deste pela porção parcialmente oxidada da hemoglobina, ocasionando cianose (pele e mucosas azuladas), hipóxia dos tecidos, “síndrome do bebê azul” (em crianças de até um ano) (HORD; TANG; BRYAN, 2009), podendo levar até mesmo à morte.

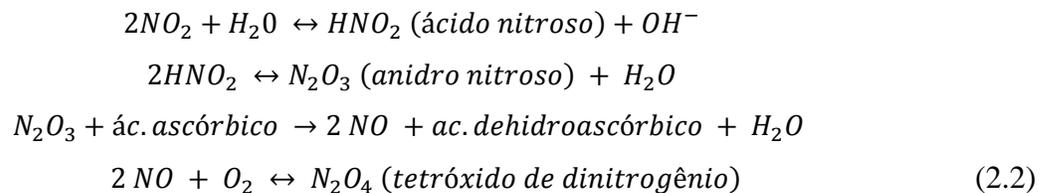
O uso de nitrito na elaboração de produtos cárneos tem sido controverso há décadas. No entanto, atualmente, existe uma crescente preocupação com o uso de nitritos em produtos cárneos curados, devido ao potencial de formação de compostos N-nitrosos, especialmente, as N-

nitrosaminas, que são compostos cancerígenos, teratogênicos e mutagênicos (ALAHAKOON et al., 2015; JIN et al., 2018).

O agente nitrosante, anidrido nitroso (N_2O_3), oriundo do nitrito, reage com aminas secundárias (como os aminoácidos derivados de proteínas) formando as N-nitrosaminas, sendo esta reação chamada de reação de nitrosação, apresentada na equação 2.1. Tal reação é favorecida em condições ácidas, como no estômago, e em temperaturas elevadas durante o processamento (BUTLER, 2015; BEDALE, SINDELAR; MILKOWSKI, 2011; ALAHAKOON et al., 2015).



No entanto, a indústria de processamento de carnes utiliza compostos como o ascorbato e o ácido ascórbico na elaboração de produtos curados para impedir a formação de nitrosaminas e nitrosamidas. Estes inibidores reagem com o anidrido nitroso (N_2O_3), resultando na formação de óxido nítrico (NO), o qual, além de ser muito pobre agente nitrosante, reage com o oxigênio, produzindo N_2O_4 que não é capaz de reagir com aminas (BRYAN et al., 2012), conforme demonstrado na equação 2.2.



Na elaboração de produtos cárneos deve-se fazer o uso combinado de nitrito com o ácido ascórbico, isoascórbico ou seus sais sódicos. De acordo com Jay et al. (2005), na concentração de 550 mg/kg do produto, o ascorbato ou eritorbato reduz a formação das nitrosaminas.

2.4 Substituição do nitrito em produtos cárneos

A mudança nas tendências de hábitos alimentares saudáveis dos consumidores associados aos alimentos naturais e orgânicos e o aumento da concorrência global, fez com que a indústria

de produtos cárneos buscassem a reformulação de seus produtos por meio de novas tecnologias de processamento e novos sistemas de ingredientes (SEBRANEK; BACUS, 2007; DJERI; WILLIAMS, 2014; VERBEKE et al., 2010; WEISS et al., 2010). Tal fato vem ocorrendo, visto que a percepção positiva que os consumidores têm da carne e dos produtos cárneos, como boa fonte de proteínas, minerais e vitaminas está aos poucos dando espaço a uma visão negativa, relacionada com o câncer devido à ingestão de nitrato e nitrito (DE SMET; VOSSEN, 2016; DOMINGO; NADAL, 2017).

No entanto, o nitrito e o nitrato são aditivos peculiares que proporcionam propriedades tecnológicas relacionadas à qualidade e segurança alimentar. Consequentemente, mudanças significativas nos processos e nos produtos são necessárias para a fabricação dos produtos cárneos intitulados como naturais ou orgânicos, a fim de atender as propriedades sensoriais e microbiológicas esperadas pelos consumidores dos produtos tradicionais de carnes curadas (SEBRANEK; BACUS, 2007).

Geralmente, os alimentos intitulados como “naturais” e, ou, “orgânicos” são similares aos produtos convencionais e não diferem nas características típicas esperada pelos consumidores. Em relação aos produtos cárneos, como presuntos, apresuntados, bacon, salsichas, entre outros curados, um dos critérios para se rotular o produto como natural/orgânico é a não adição direta de sais de cura convencionais (nitrito de sódio/potássio ou nitrato) na elaboração desses produtos (SEBRANEK; BACUS, 2007).

O desenvolvimento da “cura natural” ocorre por meio de fontes alternativas naturais de nitrito nas formulações com a substituição dos sais de nitrito/nitrato por extratos de vegetais e de frutas, como aipo, beterraba, espinafre, salsa, por conterem quantidades significativas de nitrato (DJERI; WILLIAMS, 2014; SUCU; TURP, 2018; RIEL et al., 2017; HWANG et al., 2018).

Embora uma variedade de plantas e ingredientes de vegetais possam ser usados como fonte de nitrato, seus sabores ou cores característicos podem limitar o seu uso. Os ingredientes de vegetais ou plantas são escolhidos por sua capacidade de fornecer nitrato, mas as concentrações de nitrato variam amplamente entre os tipos de plantas e partes de plantas (LORENZ, 1978).

Inúmeros fatores influenciam na absorção de nitrato e seu acúmulo nos tecidos vegetais, tais como: aplicação de fertilizantes, atividade da enzima nitrato redutase, taxa de crescimento, condições ambientais (temperatura do solo, intensidade da luz, nível de precipitação), práticas agrícolas, genética, além dos métodos de processamento (RAZGALLAH et al., 2015;

SINDELAR; MILKOWSKI, 2012). Santamaria et al. (1999) observaram em seu experimento que o teor de nitrato difere até mesmo nas várias porções do mesmo vegetal, em que o decréscimo segue a seguinte ordem: pecíolo > folha > raiz > caule > inflorescência > tubérculo > bulbo.

Santamaria (2006) propõem classificação dos vegetais em cinco níveis de acordo com o teor de nitrato do vegetal fresco: muito baixo (< 200 mg/kg), baixo (200 - 500 mg/kg), médio (500 – 1000 mg/kg), alto (1000 – 2500 mg/kg) e muito alto (> 2500 mg/kg), apontando que geralmente os vegetais que acumulam muito alto teor de nitrato pertencem às famílias de *Brassicaceae* (rabanete, rúcula), *Chenopodiaceae* (beterraba, acelga, espinafre), *Asteraceae* (alface), e *Apiaceae* (aipo).

Bahadoran et al. (2016), em seu estudo, também observaram que os vegetais com os maiores teores de nitrato foram rabanete (6260 mg/kg), beterraba (4950 mg/kg), alface (3650 mg/kg), aipo (2610 mg/kg), entre outros.

De acordo com a literatura, entre os vegetais, o mais estudado tem sido o extrato de aipo (*Apium graveolens*), líquido ou em pó, como uma alternativa viável e fonte de nitrato nos produtos cárneos processados, visto que apresenta baixa pigmentação e sabor suave, não alterando o sabor dos produtos finais (SEBRANEK; BACUS, 2007; ALAHAKOON et al., 2015; BERTOL et al., 2012; SINDELAR et al., 2007a; SINDELAR et al., 2007b; MAGRINYÁ et al., 2009; NASCIMENTO, 2010; REDFIELD; SULLIVAN, 2015).

Djeri e Williams (2014) avaliaram o extrato de aipo, contendo o nitrito pré-gerado (o nitrato foi convertido a nitrito por microrganismos antes de ser adicionado) na formulação de mortadela de peru e observaram que os julgadores, quando questionados sobre a aparência, aroma e aceitabilidade, preferiram os produtos com menores teores do extrato de aipo, pois à medida que houve o aumento da concentração de suco de aipo em pó, os provadores detectaram uma “textura borrachenta” mais intensa, “sabor residual/distinto” e descoloração “cinza/marrom”.

Outro vegetal com teor considerável de nitrato é a beterraba (*Beta vulgaris* L.), porém Sebranek e Bacus (2007) afirmaram que o extrato de aipo é altamente compatível com produtos cárneos devido à baixa pigmentação, ao contrário das beterrabas, que pelo fato de apresentar uma pigmentação avermelhada intensa podem influenciar na cor do produto final. Já Sucu e Turp (2018), ao estudarem a viabilidade do pó de beterraba, afirmaram que a quantidade aplicada é o fator determinante nas características de qualidade.

Gabaza et al. (2013) verificaram o potencial de extratos de espinafre fermentados como fonte de nitrito, no processo de cura natural em carne suína picada, e observaram que o espinafre é uma opção viável, porém o sobrenadante de espinafre fermentado apresentou concentrações baixas de nitrito, sendo necessário uma concentração maior, além de estudos adicionais para avaliar a questão microbiológica dos produtos finais. Positivamente, adicionado em concentrações similares ao nitrito de sódio, o extrato de espinafre obteve efeitos equivalentes na coloração e na estabilidade lipídica. Hwang et al. (2018) observaram que os nitritos pré-convertidos de fontes naturais (espinafre, alface, aipo e beterraba) têm um potencial significativo como substituto de nitrito sintético, no entanto, o extrato de espinafre fermentado apresentou o maior potencial para a manutenção da cor, inibição da oxidação lipídica e proteica de salsicha.

Jin et al. (2018) avaliaram diferentes agentes de cura naturais em pó como aipo, extrato de frutas, batata doce roxa, a mistura de extrato de frutas e vegetais, gardênia vermelha, páprica e mirtilo nas propriedades físico-químicas, microbiológicas e sensorial de salsichas e observaram que a adição de 0,8% de aipo pode ser uma alternativa eficaz em substituição ao nitrito de sódio, apresentando resultados similares para os parâmetros avaliados em relação ao controle.

Não foram encontrados trabalhos na literatura que avaliassem o potencial do rabanete japonês como opção para a cura natural de produtos cárneos, embora ele apresente concentrações consideráveis de nitrato. Portanto, o presente estudo avaliará a viabilidade deste vegetal em produto cárneo em substituição ao processo de cura convencional.

2.4.1 Rabanete japonês

O rabanete é originário da Sibéria, posteriormente inserido na Europa no século XVI e chegou à América trazido pelos colonizadores. Planta comumente empregada na medicina chinesa e considerada um dos alimentos fundamentais em regiões de inverno rigoroso na Europa (LANA; TAVARES, 2010). Em se tratando da classificação botânica, o rabanete não é considerado uma raiz, visto que sua formação ocorre por meio do espessamento da base do caule. A hortaliça pertence à família das *Brassicaceae* (*Cruciferae*) constituída por 350 gêneros, abrangendo aproximadamente 3500 espécies, da qual incluem o repolho, couve-flor, mostarda, entre outros (JAHANGIR et al., 2009).

Existe uma variedade de tipos de rabanete, podendo apresentar uma casca fina de coloração vermelha, verde, amarela ou branca, enquanto a polpa pode ser branca ou amarelada e o formato arredondado ou alongado. As folhas apresentam espessura fina, esverdeadas e textura áspera, porém quando o rabanete é colhido tardiamente as folhas tem sabor amargo e a raiz fibrosa (LANA; TAVARES, 2010). Ainda segundo estes autores, o rabanete é um alimento diferenciado pelo seu baixo valor calórico e de fácil digestão, podendo ser consumido tanto a raiz crua ou cozida quanto as folhas, preferencialmente, cozida. Apresenta sabor levemente picante, bastante refrescante e moderadamente adocicado, com a textura macia e quebradiça.

No Brasil, além do rabanete arredondado, com casca branca e topo arroxeadado, é comum a comercialização do rabanete de formato alongado com a casca e polpa brancas (Figura 4), conhecidos como “nabo branco” ou “nabo japonês”. Esta variedade é muito popular na Ásia e, como pertence à família dos rabanetes (*Raphanus sativus* L.), também é denominado “nabo japonês”, “rabanete branco chinês”, “rabanete japonês” ou “rabanete daikon”. O rabanete daikon (palavra de origem japonesa que significa “grande raiz”) é uma cultura agrícola importante e abundantemente produzida no Japão que pertence ao grupo *Longipinnatus*, tendo esta variedade como sinônimos científicos: *Raphanus sativus* L. (*Longipinnatus* Group); *Raphanus sativus* L. (*Japonicus* Group); *Raphanus sativus* L. var. *longipinnatus* L.H. Bailey; e *Raphanus sativus* L. var. *acanthiformis* (PORCHER, 2019; TERANISHI; NAGATA, 2018).

Figura 4 – Aparência externa e interna do rabanete japonês.



Fonte: Teranishi e Nagata (2018).

Os vegetais pertencentes ao gênero *Brássica* se destacam por apresentarem uma composição nutricional distinta, contendo elevados teores de vitaminas (tocoferóis, vitamina C, ácido fólico, carotenóides), ricos em minerais (cálcio, ferro, fósforo, enxofre, zinco, cobre, magnésio, entre outros), considerável conteúdo lipídico e proteico. Em relação aos carboidratos, a

frutose, a glicose e a sacarose são os principais açúcares solúveis presentes e, além disso, destaca-se também do total de carboidratos, a fibra alimentar (JAHANGIR et al., 2009).

As plantas produzem compostos que são essenciais para seu crescimento, desenvolvimento e reprodução, mas também podem sintetizarem outros compostos que são denominados de metabólitos secundários. Estes metabólitos são compostos bioativos que desempenham inúmeras funções fisiológicas nas plantas e, ainda, desempenham efeitos biológicos benéficos à saúde humana associados à capacidade antioxidante como inibição de danos oxidativos, efeito anticarcinogênico, anti-inflamatório, cardioprotetor, entre outros (JAHANGIR et al., 2009; BIRT; HENDRICH; WANG, 2001; WILLIAMS; SPENCER; RICE-EVANS, 2004).

Entre os metabólitos secundários, as espécies da família *Brassicaceae* são ricas em compostos fenólicos, que além de desempenharem benefícios à saúde humana, também são responsáveis pelas propriedades de cor, odor, estabilidade oxidativa, gosto amargo e adstringente desses vegetais (NACZK; SHAHIDI, 2004). Bahorun et al. (2004), em seu estudo, demonstraram os teores de compostos fenólicos de várias espécies, como o repolho chinês (1189 µg/g de peso fresco), brócolis (822 µg/g), couve-flor (278 µg/g) e repolho branco (153 µg/g), dos quais, os flavonoides foram a classe fenólica predominante.

Kim et al. (2017), ao avaliarem a oxidação lipídica que ocasiona sabor e odor característicos de ranço, pelo índice de TBARS (substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico) de carnes curadas adicionadas de extrato de espinafre, verificaram que o nitrito pré-convertido do extrato de espinafre fermentado foi responsável pela diminuição dos teores de TBARS e, além disso, que a própria atividade antioxidante do espinafre pode inibir a oxidação lipídica.

Outro importante metabólito secundário encontrado são os glucosinolatos, contendo enxofre e derivados da biossíntese de aminoácidos, os quais compreendem um β-tioglicosídeos N-hidroxisulfatos e uma cadeia lateral variável derivada de aminoácidos (JAHANGIR et al., 2009; HALKIER; GERSHENZON, 2006; GHAWI et al., 2012). De maneira geral, se separam em três grupos: alifático, que apresentam a cadeia lateral de alquil ou aquenila, aromático e o grupo indolil (MITHEN et al., 2000).

Os glucosinolatos permanecem biologicamente inativos até o momento em que são degradados pela enzima denominada de mirosinase (tioglicosidase). A liberação das mirosinases ocorrem com a ruptura dos tecidos vegetais, como no momento da mastigação ou durante o

processamento (cortar, picar, misturar), havendo o contato das enzimas com os glucosinolatos e, conseqüentemente, a hidrólise em glicose, aglicona e sulfato. No entanto, as agliconas são instáveis, ocorrendo novas reações com produção de diversos intermediários (isotiocianatos, tiocianatos, nitrilos, entre outros). A natureza dos produtos formados é determinada pela estrutura química do glucosinolato, de acordo com a cadeia lateral, e pelas condições da reação, como pH, presença de íons ferrosos, proteínas específicas, entre outros (GHAWI et al., 2012; HALKIER; GERSHENZON, 2006; JONES et al., 2010; MITHEN et al., 2000).

Os glucosinolatos e seus derivados estão diretamente relacionados com as características sensoriais de sabor e odor pungente ou picante, gosto e aroma dos vegetais. Este fato se explica pela presença do grupo sulfato na estrutura química que estabelece um caráter ácido e amargo muito marcante aos alimentos, enquanto o aroma se deve ao fato destes compostos serem voláteis (GHAWI et al., 2012; JAHANGIR et al., 2009; DREWNOWSKI; GOMEZ-CARNEROS, 2000; COOGAN; WILLS; NGUYEN, 2001).

Entre as funções apontadas pelos estudos para os glucosinolatos, pode-se destacar as suas propriedades bactericidas e antifúngicas, atuando como pesticidas naturais na proteção das plantas contra a ação de pragas e doenças. Além disso, têm sido apontados como potenciais agentes anticarcinogênicos, por apresentarem ação antioxidante, embora os trabalhos enfatizem a necessidade de estudos adicionais para estabelecimento de concentrações seguras e não tóxicas (JAHANGIR et al., 2009; MITHEN et al., 2000; AMBROSONE et al., 2004; ROSE et al., 2005; ROMÁN et al., 2018; VIG et al., 2009; DINKOVA-KOSTOVA; KOSOTV, 2012).

Os teores dos compostos secundários, citados anteriormente, sofrem influência de vários fatores ambientais e genéticos como cultivar, espécie, estágio de desenvolvimento, clima, tipo de solo, cultivo, atividades agrônômicas e disponibilidade de água (BJÖRKMAN et al., 2011). Ademais, operações de processamento e armazenamento do vegetal também são determinantes nos níveis destas substâncias, como por exemplo, a quantidade de água, tipo (convencional, micro-ondas, alta pressão) e intensidade (duração e temperatura) do cozimento, branqueamento, refrigeração e congelamento, pelo fato de promoverem alterações nas reações do metabolismo vegetal (desnaturação da enzima) e pelo processo de lixiviação (JONES et al., 2010; MITHEN et al., 2000).

2.4.2 Redução do nitrato por culturas nitrato-redutoras

Os vegetais e frutas contêm quantidades significativas de nitrato, viabilizando a utilização na forma de sucos ou pós como ingredientes naturais para o desenvolvimento da cura natural, como uma alternativa para evitar a adição direta dos sais de cura sintéticos (HWANG et al., 2018; SEBRANEK; BACUS, 2007).

No entanto, é necessário que o nitrato, presente nos vegetais e frutas, seja convertido a nitrito, podendo ser realizado de duas maneiras: i) aplicação destes sucos ou pós que contêm nitrito pré-convertido por culturas redutoras de nitrato, denominadas de culturas iniciadoras ou *starters*, antes da adição na formulação do produto cárneo curado ou ii) adição destes ingredientes naturais e das culturas redutoras de nitrato diretamente na massa cárnea, para que a conversão ocorra posteriormente (DJERI; WILLIAMS, 2014; SEBRANEK; BACUS, 2007; HWANG et al., 2018).

Em sua pesquisa, Djeri e Williams (2014) encontraram resultados positivos ao utilizarem pó de suco de aipo pré-convertido isolado e em combinação com suco de cereja para o desenvolvimento da cura natural em um embutido de peru. Nascimento (2010) avaliou a adição direta em salmoura e a adição de mistura pré-fermentada de extrato de aipo com o objetivo de caracterizar a melhor conversão à nitrito em um embutido cozido de peru, observando melhores resultados para a adição direta.

As culturas *starters*, geralmente, são formadas por mais de um microrganismo, destacando-se no setor cárneo com maior aplicação as bactérias do ácido láctico em associação com estafilococos coagulase-negativas, tais como, *Staphylococcus xylosum* e *S. carnosus*. Cada grupo de bactérias desempenha propriedades tecnológicas interessantes na elaboração dos produtos cárneos, uma vez que, ao passo que as bactérias lácticas garantem a segurança dos produtos, por diminuírem o pH com a fermentação de açúcares, os estafilococos contribuem para o desenvolvimento dos atributos sensoriais como sabor, aroma e cor (SIMONOVÁ et al., 2006).

O binômio tempo-temperatura é fundamental no momento da incubação para a conversão adequada do nitrato a nitrito pelas culturas *starters*. Portanto, segundo Sebrank e Bacus (2007), a manutenção da temperatura indicada para as culturas *starters* comercializadas é na faixa de 38 a 42 °C. O tempo de incubação parece ser um fator mais crítico nos teores de nitrito residual do que os teores de extratos vegetais ou de frutas adicionados. Sindelar et al. (2007b), ao avaliarem

salsichas cozidas do tipo *frankfurter*, verificaram que para a adição de 0,2% e 0,4% de suco de aipo em pó, após 30 minutos de incubação a 38 °C, os teores de nitrito residual foram de 5,6 e 7,7 mg/kg, enquanto que para 120 minutos de incubação, os teores de nitrito residual foram de 24,5 e 46 mg/ kg, respectivamente.

Inúmeras vantagens têm sido apontadas para o uso de culturas *starter* na elaboração dos produtos cárneos, entre elas, melhorar a segurança alimentar a partir da inibição dos microrganismos deteriorantes e patogênicos, otimização do tempo de fabricação, padronização do produto, controle do metabolismo bacteriano melhorando as características sensoriais e facilidade de uso tecnológico (AMMOR; MAYO, 2007; ESSID; HASSOUNA, 2013).

No entanto, Todorov et al. (2017) ressaltam que no desenvolvimento dos produtos é importante considerar fatores como o estado fisiológico das culturas *starters*, as condições de armazenamento, a composição química da matriz alimentar (conteúdo de nutrientes, atividade de água, pH, etc.) e a possibilidade de interação das culturas *starters* com os microrganismos naturalmente presentes ou adicionados no produto.

2.5 Apresuntado

Os produtos cárneos processados são definidos como sendo preparados a partir da carne fresca que é transformada mediante emprego dos processos de salga, cura, defumação, entre outros, ou combinação destes (BOUVARD et al., 2015), diferindo quanto ao tipo de carne, teor de sal e lipídio, método de processamento. Como exemplos de produtos cárneos processados pode-se citar os presuntos, bacon, salsichas, hambúrgueres, nuggets de frango, salame, apresuntados, entre outros (SHAN et al., 2017).

Atualmente, o processamento de carnes confere inúmeras vantagens, tais como, o aproveitamento integral da matéria-prima, a elaboração de novos produtos, obtendo maior variedade no mercado e atendendo a grupos populacionais específicos, agregar valor ao produto, aumentar a durabilidade dos alimentos, visando uma produção mais eficaz e uma melhor qualidade para o consumidor. Além disso, os consumidores têm procurado cada vez mais técnicas culinárias e produtos alimentícios que apresentem fácil preparo e praticidade.

Segundo o Regulamento da Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal (RIISPOA), artigo 302, apresuntado é definido como o produto cárneo produzido a partir de

recortes ou cortes das massas musculares dos membros anteriores (paleta) ou posteriores (pernil) de suínos, transformados em massa, condimentado, com a incorporação de ingredientes e submetido a processamento térmico adequado (BRASIL, 2017). Conforme mencionado anteriormente, na elaboração do produto é permitida a moagem das peças de carne, obtendo-se uma massa e os ingredientes são misturados diretamente, eliminando as etapas de preparação da salmoura, injeção e tombamento, necessárias na produção de presunto.

Por serem produtos fabricados com matéria-prima menos nobre do que o presunto, os apresuntados se apresentam como produtos de qualidade, mas com menor custo que vêm ganhando mercado nos últimos anos.

O apresuntado caracteriza-se por um produto cozido que tem em sua composição obrigatoriamente a carne de pernil e, ou paleta de suíno, sal e os sais de nitrito e/ou nitrato de sódio e, ou, potássio em forma de salmoura, sendo estabelecido que o emprego de nitrito, de sódio ou potássio, ou a combinação entre eles, somente pode ser realizada em quantidades que no produto final não ultrapasse 150 mg/kg de nitrito residual. Já o nitrato tem que ser convertido a nitrito por ação de bactérias nitrato redutoras e, portanto, a concentração residual máxima expressa como nitrito de sódio estabelecida é de 300 mg/kg (BRASIL, 2000; BRASIL, 2017; BRASIL, 2006).

Como ingredientes opcionais, têm-se proteínas de origem animal e, ou vegetal, açúcares, maltodextrina, condimentos, aromas, especiarias e aditivos. As características físico-químicas mínimas de identidade e qualidade que deverão obedecer os apresuntados são: umidade (máximo de 75%), proteína (mínimo de 13%), gordura (máximo de 12%), amido (máximo de 2%), carboidratos totais (máximo de 5%) e proteínas não cárneas (adição máxima de até 2%) (BRASIL, 2000).

3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A mudança nas tendências de hábitos alimentares saudáveis dos consumidores associados aos alimentos naturais e orgânicos tem feito com que a indústria de produtos cárneos reformulem seus produtos. Uma das alternativas tem sido a substituição dos sais de cura sintéticos por extratos vegetais, contendo alto teor de nitrato. Os derivados de rabanete obtidos neste experimento possuíam alta concentração de nitrato e consideráveis quantidades de compostos (ácido ascórbico e fenóis) com capacidade antioxidante, tendo grande potencial de uso no setor cárneo como agente natural de cura. Na elaboração de um produto curado cozido apesar do tempo de incubação e o tipo de derivado de rabanete influenciarem a cor curada e o teor de nitrito residual, as características dos produtos foram similares aos adicionados de nitrito de sódio.

Os apresuntados elaborados com os derivados de rabanete foram comparáveis aos formulados com nitrito de sódio, quanto às características físicas, químicas e sensoriais. Os consumidores perceberam um aroma e sabor não característicos nas amostras elaboradas com os derivados, mas as formulações adicionadas de extrato aquoso (AEA) tiveram aceitação semelhante às amostras com 40 mg/kg de nitrito de sódio para todos os atributos sensoriais avaliados, confirmando a viabilidade da utilização dos derivados de rabanete como substitutos do aditivo sintético, sendo uma estratégia promissora impulsionada pela busca e preferência dos consumidores por produtos mais saudáveis.

No entanto, pesquisas adicionais são necessárias para otimizar a aplicação destes derivados de rabanete em outros tipos de produtos curados, como emulsionados e fermentados. Além disso, a utilização de menores quantidades de derivados e, ou, ausência de incubação e o uso de agentes aceleradores de cura podem contribuir para obtenção de melhores resultados sensoriais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABERLE, E. D. et al. **Principles of Meat Science**. 4 ed. Kendall/Hunt Publishing Co: Dubuque, 2001, 354 p.
- ABIA. **Associação Brasileira das Indústrias da Alimentação**. Disponível em: < http://www.abia.org.br/vsn/tmp_2.aspx?id=167#sthash.YXMi1QqA.dpbs >. Acesso em: 18 set. 2017.
- ALAHAKOON, A. U. et al. Review: Alternatives to nitrite in processed meat: Up to date. **Trends in Food Science and Technology**, v. 45, n. 1, p. 37-49, Sept. 2015.
- AMBROSONE, C. B. et al. Breast cancer risk in premenopausal women is inversely associated with consumption of broccoli, a source of isothiocyanates, but is not modified by GST genotype. **Journal of Nutrition**, v. 134, n. 5, p. 1134-1138, May 2004.
- 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**, v. 76, n. 1, p. 138-146, May 2007.
- ARCHER, D. L. Review: Evidence that ingested nitrate and nitrite are beneficial to health. **Journal of Food Protection**, v. 65, n. 5, p. 872-875, 2002.
- BAHADORAN, Z. et al. Nitrate and nitrite content of vegetables, fruits, grains, legumes, dairy products, meats and processed meats. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 51, p. 93-105, 2016.
- BAHORUN, T. et al. Total phenol, flavonoid, proanthocyanidin and vitamin C levels and antioxidant activities of Mauritian vegetables. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 84, n. 12, p. 1553-1561, Sept. 2004.
- BEDALE, W.; SINDELAR, J. J.; MILKOWSKI, A. L. Dietary nitrate and nitrite: Benefits, risks, and evolving perceptions. **Meat Science**, v. 120, p. 85-92, 2016.
- BEDNAR, C.; KIES, C. Nitrate and vitamin C from fruits and vegetables: impact of intake variations on nitrate and nitrite excretions of humans. **Plant Food Human Nutrition**, v. 45, n. 1, p. 71-80, 1994.
- BERARDO, A. et al. Effect of sodium ascorbate and sodium nitrite on protein and lipid oxidation in dry fermented sausages. **Meat Science**, v. 121, p. 359-364, Nov. 2016.
- BERGAMASCHI, M.; PIZZA, A. Effect of Pork Meat pH on Iron Release from Heme Molecule during Cooking. **Journal of Life Sciences**, v. 5, p. 376-380, 2011.

BERTOL, T. M. et al. Rosemary extract and celery-based products used as natural quality enhancers for colonial type salami with different ripening times. **Food Science and Technology**, Campinas, v. 32, n. 4, p. 783-792, Oct./dec. 2012.

BIRT, D. F.; HENDRICH, S.; WANG, W. Dietary agents in cancer prevention: flavonoids and isoflavonoids. **Pharmacology & Therapeutics**, v. 90, n. 2/3, p. 157-177, May/june 2001.

BJÖRKMAN, M. et al. Review: Phytochemicals of Brassicaceae in plant protection and human health – Influences of climate, environment and agronomic practice. **Phytochemistry**, v. 72, n. 7, p. 538-556, May 2011.

BOUVARD, V. et al. International agency for research on cancer monograph working group. Carcinogenicity of consumption of red and processed meat. **Lancet Oncology**, v. 16, n. 16, p. 1599-1600, 2015.

BRASIL. Ministério da Agricultura e do Abastecimento. Secretaria da Defesa Agropecuária (DAS). Departamento de Inspeção de Produtos de Origem Animal (DIPOA). Instrução Normativa nº 20, de 31 de julho de 2000. Aprova o Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade de Almôndega, Apresuntado, Fiambre, Hambúrguer, Kibe e de Presunto Cozido. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil** de 03 de agosto de 2000, n. 149, seção 1, p. 7 – 12. Brasília, 2000. Disponível em: < http://www.cfmv.org.br/portal/legislacao/outras_normas/instrucao_normativa_020_MAA.htm>. Acesso em: 05 jun. 2017.

BRASIL. Decreto nº 9.013 de 29 de março de 2017. Aprova o Regulamento da Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal (RIISPOA). **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil** de 29 de março de 2017. Brasília.

BRASIL. Ministério de Estado da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 19 de 28 de maio de 2009a. Dispõe sobre os mecanismos de controle e informação da qualidade orgânica. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, 28 de maio de 2009. Disponível em: <<http://www.Organicsnet.com.br/midia/pdf/in19-28-05-2009a.pdf>>. Acesso em: 16 out. 2017.

BRASIL. Ministério de Estado da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 18 de 28 de maio de 2009b. Dispõe sobre o regulamento técnico para o processamento, armazenamento e transporte de produtos orgânicos. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, 28 de maio de 2009. Disponível em: < [file:///C:/Users/User/Downloads/Instru%C3%A7%C3%A3o%20Normativa%20N%C2%BA%2018%20de%2028%20de%20Maio%20de%202009%20\(alterada%20pela%20IN%20N%C2%BA%2024-11%20-%20processamento\)%20\(3\).pdf](file:///C:/Users/User/Downloads/Instru%C3%A7%C3%A3o%20Normativa%20N%C2%BA%2018%20de%2028%20de%20Maio%20de%202009%20(alterada%20pela%20IN%20N%C2%BA%2024-11%20-%20processamento)%20(3).pdf)>. Acesso em: 16 out. 2017.

BRASIL. Ministério da Saúde. Resolução RDC nº 259 de 20 de setembro de 2002. Dispõe sobre o regulamento técnico de rotulagem de alimentos. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, 20 de set. 2002. Disponível em: < http://portal.anvisa.gov.br/documents/33880/2568070/RDC_259_2002.pdf/e40c2ecb-6be6-4a3d-83ad-f3cf7c332ae2>. Acesso em: 16 out. 2017.

BRASIL. Ministério de Estado da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 51 de 29 de dezembro de 2006. Dispõe sobre a atribuição de aditivos, e seus limites máximos de uso para a categoria 8 – carne e produtos cárneos. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, 29 de dez. 2006. Disponível em: <<http://cexgan.magrama.es/MODULO S05/D ocumentos/IN51.pdf>>. Acesso em: 16 out. 2017.

BRYAN, N. S. et al. Ingested nitrate and nitrite and stomach cancer risk: An updated review. **Food and Chemical Toxicology**, v. 50, n.10, p. 3646-3665, Oct. 2012.

BUTLER, A. Nitrites and nitrates in the human diet: Carcinogens or beneficial hypotensive agents? **Journal of Ethnopharmacology**, v. 167, p. 105-107, 2015.

CARRANO, S. H. S. **Cartilha sobre o estudo sobre rotulagem do alimento orgânico**. Sociedade Nacional de Agricultura. Rio de Janeiro, 2008. 30 p. Disponível em: <<http://www.organicnet.com.br/wp-content/uploads/cartilha-rotulagem.pdf>>. Acesso em: 16 out. 2017.

Code of Federal Regulations (2006). Animals and animal products. 9 CFR 319.2. U.S. Government Printing Office, Washington, D.C. <http://www.access.gpo.gov/nara/cfr/waisidx_06/9cfrv2_06.html#301>. Acesso em: 10 de jan. 2018.

COOGAN, R. C.; WILLS, R. B. H.; NGUYEN, V. Q. Pungency levels of white radish (*Raphanus sativus* L.) grown in different seasons in Australia. **Food Chemistry**, v. 72, n. 1, p. 1-3, jan. 2001.

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

DAROLT, M. **Guia do Produtor Orgânico. Como Produzir Alimentos de Forma Ecológica**. Rio de Janeiro: Sociedade Nacional de Agricultura; Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas; Centro de Inteligência em Orgânicos, 2015. 92 p.: il. (Série Capacitação Técnica).

DECKER, E. A.; PARK, Y. Healthier meat products as functional foods. **Meat Science**, v. 86, n. 1, p. 49-55, 2010.

DE SMET, S.; VOSSSEN, E. Meat: The balance between nutrition and health: a review. **Meat Science**, v. 120, p. 145-156, Oct. 2016.

DINKOVA-KOSTOVA, A. T.; KOSTOV, R. V. Glucosinolates and isothiocyanates in health and disease. **Trends in Molecular Medicine**, v. 18, n. 6, p. 337-347, June 2012.

DJERI, N.; WILLIAMS, S. K. Celery juice powder used as nitrite substitute in sliced vacuum-packaged turkey bologna stored at 4C for 10 weeks under retail display light. **Journal of Food Quality**, v. 37, n. 5, p. 361-370, July 2014.

DREWNOWSKI, A.; GOMEZ-CARNEROS, C. Bitter taste, phytonutrients, and the consumer: a review. **The American Journal of Clinical Nutrition**, v. 72, n. 6, p. 1424-1435, Dec. 2000.

DOMINGO, J. L.; NADAL, M. Carcinogenicity of consumption of red meat and processed meat: A review of scientific news since the IARC decision. **Food and Chemical Toxicology**, v. 105, p. 256-261, July 2017.

DUFFY, L. L.; VANDERLINDE, P. B.; GRAU, F. H. Growth of *Listeria monocytogenes* on vacuum-packed cooked meats: effects of pH, a_w , nitrite and ascorbate. **International Journal of Food Microbiology**, v. 23, n. 3/4, p. 377-390, Nov. 1994.

DUTCOSKY, S. D. **Análise sensorial de alimentos**. 4^o ed. rev. e ampl. Curitiba: Champagnat, 2013. 540p.

EMBRAPA. **Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária**. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/suinos-e-aves/cias/estatisticas/suinos/brasil>>. Acesso em: 09 dez. 2018.

ESSID, I.; HASSOUNA, M. Effect of inoculation of selected *Staphylococcus xylosum* and *Lactobacillus plantarum* strains on biochemical, microbiological and textural characteristics of a Tunisian dry fermented sausage. **Food Control**, v. 32, n. 2, p. 707-714, Aug. 2013.

FORD, P. C.; LORKOVIC, I. M. Mechanistic aspects of the reactions of nitric oxide with transition-metal complexes. **Chemical Reviews**, n. 102, p. 993-1018, 2002.

GABAZA, M. et al. **Potential of fermented spinach extracts as a nitrite source for meat curing**. 59th International Congresso f Meat Science and Technology (ICOMST): Microbiology and chemical hazards in meat. 2013. Disponível em: <<http://icomst-proceedings.helsinki.fi/index.php?year=2013>>. Acesso em: 18 set. 2017.

GHABRAIE, M. et al. Antibacterial effects of 16 formulations and irradiation against *Clostridium sporogenes* in a sausage model. **Food Control**, v. 63, p. 21-27, May 2016.

GHAWI, S. K. et al. Thermal and high hydrostatic pressure inactivation of myrosinase from green cabbage: A kinetic study. **Food Chemistry**, v. 131, n. 4, p. 1240-1247, Apr. 2012.

GRAY, J. I. et al. Role of Nitrite in Cured Meat Flavor: a review. **Journal of Food Protection**, v. 44, n. 4, p. 302-312, Apr. 1981.

GOMIDE, L. A. M.; RAMOS, E. M.; FONTES, P. R. **Ciência e qualidade da carne: fundamentos**. Viçosa: Editora UFV, 2013, 197 p.

HALKIER, B. A.; GERSHENZON, J. Biology and Biochemistry of Glucosinolates. **Annual Review of Plant Biology**, v. 57, p. 303-333, June 2006.

HERZ, K. O.; CHANG, S. S. Meat flavor. **Advances in Food Research**, v. 18, p. 1-83, June 1970.

HOLCK, A. et al. Review Article: Health and Safety Considerations of Fermented Sausages. **Journal of Food Quality**, v. 1, p. 1-25, May 2017.

HONIKEL, K. O. The use and control of nitrate and nitrite for the processing of meat products. **Meat Science**, v. 78, n. 1/2, p. 68-76, Jan./feb. 2008.

HORD, N. G.; TANG, Y.; BRYAN, N. S. Food sources of nitrates and nitrites: the physiologic context for potential health benefits. **American Journal of Clinical Nutrition**, v. 90, n. 1, p. 1-10, July 2009.

HORSCH, A. M. et al. The effect of pH and nitrite concentration on the antimicrobial impact of celery juice concentrate compared with conventional sodium nitrite on *Listeria monocytogenes*. **Meat Science**, v. 96, n. 1, p. 400-407, Jan. 2014.

HOSPITAL, X. F.; HIERRO, E.; FERNÁNDEZ, M. Survival of *Listeria innocua* in dry fermented sausages and changes in the typical microbiota and volatile profile as affected by the concentration of nitrate and nitrite. **International Journal of Food Microbiology**, v. 153, p. 395-401, 2012.

HWANG, K. et al. Effect of natural pre-converted nitrite sources on color development in raw and cooked pork sausage. **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences**, v. 31, n. 8, p. 1358-1365, Aug. 2018.

JAHANGIR, M. et al. Health-Affecting Compounds in Brassicaceae. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, v. 8, n. 2, p. 31-43, Apr. 2009.

JAY, J. M.; LOESSNER, M. J.; GOLDEN, D. A. **Modern Food Microbiology**. New York: Springer, 2005.

JIMÉNEZ – COLMENERO, F.; CARBALLO, J.; COFRADES, S. Healthier meat and meat products: their role as functional foods. **Meat Science**, v. 59, n. 1, p. 5-13, 2001.

JIN, S.; CHOI, J. S.; YANG, H.; PARK, T.; YIM, D. Natural curing agents as nitrite alternatives and their effects on the physicochemical, microbiological properties and sensory evaluation of sausages during storage. **Meat Science**, v. 146, p. 34-40, Dec. 2018.

JONES, R. B. et al. Cooking method significantly effects glucosinolate content and sulforaphane production in broccoli florets. **Food Chemistry**, v. 123, n. 2, p. 237-242, Nov. 2010.

JOUZI, Z. et al. Organic Farming and Small-Scale Farmers: main opportunities and challenges. **Ecological Economics**, v. 132, p. 144-154, Feb. 2017.

JUNTILA, J. R.; NIEMELÄ, S. I.; HIRN, J. Minimum growth temperatures of *Listeria monocytogenes* and non-haemolytic *Listeria*. **Journal of Applied Bacteriology**, v. 65, n. 4, p. 321-327, Oct. 1988.

- KIM, T. 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. 105-113, 2017.
- 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**, v. 97, p. 1774-1783, 2017.
- LANA, M. M.; TAVARES, S. A. (Ed.). **50 Hortaliças: como comprar, conservar e consumir**. 2. ed. rev. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2010. 209 p. il. color.
- LEE, S. H.; CASSENS, R. G. Nitrite binding sites on myoglobin. **Journal of Food Science**, v. 41, p. 969-970, 1976.
- LINDSTROM, M.; KIVINIEMI, K.; KORKEALA, H. Hazard and control of group II (non-proteolytic) *Clostridium botulinum* in modern food processing. **International Journal of Food Microbiology**, v. 108, p. 92-104, 2006.
- LORENZ, O. A. Potential nitrate levels in edible plant parts. In: NIELSEN, D. R.; MacDonald, J. G. (Eds.). **Nitrogen in the environment. Vol. 2. Soil-plant-nitrogen relationships**. New York: Academic Press, 1978. p. 201-252.
- LUNDBERG, J. O.; WEITZBERG, E.; GLADWIN, M. T. The nitrate-nitrite-nitric oxide pathway in physiology and therapeutics. **Nature Reviews Drug Discovery**, v. 7, n. 2, p. 156-167, 2008.
- LUNGU, B.; RICKE, S. C.; JOHNSON, M. G. Growth, survival, proliferation and pathogenesis of *Listeria monocytogenes* under low oxygen or anaerobic conditions: A review. **Anaerobe**, v. 15, n. 1/2, p. 7-17, Feb./apr. 2009.
- MAGRINYÁ, N. et al. Effect of Tocopherol Extract, *Staphylococcus carnosus* Culture, and Celery Concentrate Addition on Quality Parameters of Organic and Conventional Dry-Cured Sausages. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 57, n. 19, p. 8963-8972, 2009.
- MAPA. **Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**. Disponível em: < <http://www.agricultura.gov.br/noticias/crescimento-da-classe-media-no-mundo-gera-demanda-por-alimentos-pereciveis-e-geladeiras> >. Acesso em: 18 set. 2017a.
- MAPA. **Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**. Disponível em: < <http://www.agricultura.gov.br/assuntos/sustentabilidade/organicos> >. Acesso em: 16 out. 2017b.
- McAFEE, A. J. et al. Red meat consumption: an overview of the risks and benefits. **Meat Science**, v. 84, n. 1, p. 1-13, 2010.

McCLURE, P. J. et al. Predictive modelling of growth of *Listeria monocytogenes*. The effects on growth of NaCl, pH, storage temperature and NaNO₂. **International Journal Food Microbiology**, v. 34, p. 221-232, 1997.

MILKOWSKI, A. et al. Nutritional epidemiology in the context of nitric oxide biology: A risk-benefit evaluation for dietary nitrite and nitrate. **Nitric Oxide**, v. 22, n. 2, p. 110-119, 2010.

MITHEN, R. F. et al. Review: The nutritional significance, biosynthesis and bioavailability of glucosinolates in human foods. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 80, n. 7, p. 967-984, May 2000.

MORRISSEY, P. A.; TECHIVANGANA, J. Z. The antioxidant activities of nitrite and nitrosylmyoglobin in cooked meats. **Meat Science**, v. 14, p. 175-190, 1985.

MULLER – HERBST et al. Acidified nitrite inhibits proliferation of *Listeria monocytogenes* — Transcriptional analysis of a preservation method. **International Journal of Food Microbiology**, v. 226, n. 2, p. 33-41, June 2016.

NACZK, M.; SHAHIDI, F. Extraction and analysis of phenolics in food. **Journal of Chromatography A**, v. 1054, n. 1-2, p. 95-111, Oct. 2004.

NASCIMENTO, R. **Redução de cloreto de sódio e substituição de nitrito de sódio em produto cárneo embutido cozido: características físico – químicas, microbiológicas e sensoriais**. 2010. 120 p. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) – Universidade Estadual de Campinas, 2010.

NGUTTER, C. M.; DONNELLY, C. W. Nitrite-induced injury of *Listeria monocytogenes* and the effect of selective versus nonselective recovery procedures on its isolation from frankfurters. **Journal of Food Protection**, v. 66, p. 2252-2257, 2003.

PARTHASARATHY, D.; BRYAN, N. Review: Sodium nitrite: The “cure” for nitric oxide insufficiency. **Meat Science**, v. 92, p. 274-279, 2012.

PEGG, R. B.; SHAHIDI, F. **Nitrite curing of meat: The N-nitrosamine problem and nitrite alternatives**. Food and Nutrition Press. Inc, Trumbull, CT (2000).

PETLAN, R. L.; ZOTTOLA, E. A. A study of factors affecting growth and recovery of *Listeria monocytogenes* Scott A. **Journal of Food Science**, v. 54, p. 458-460, 1989.

PIERSON, M.; SMOOT, L. Nitrite, nitrite alternatives, and the control of *Clostridium botulinum* in cured meats. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 17, n. 2, p. 141-187, 1982.

PORCHER, M.H. **Searchable World Wide Web Multilingual Multiscripted Plant Name Database (M.M.P.N.D.)**. University of Melbourne’s Faculty of Agriculture. 2018. Disponível em: <<http://www.plantnames.unimelb.edu.au/Sorting/Raphanus.html>>. Última atualização: 06 set. 2010. Acesso em: 09 dez. 2018.

PRICE, J. F & SCHWEIGERT, B. S. **Ciencia de la carne y de los productos cárnicos**. 2.^a edición. Zaragoza: Acribia, 1994. 581p.

PROVERBIO, M. R. et al. Early diagnosis and treatment in a child with foodborne botulismo. **Anaerobe**, v. 39, p. 189-192, June 2016.

RAZGALLAH, N. et al. Nitrate contents in some vegetables in Tunisia. **Archives of Agronomy and Soil Science**, v. 62, n. 4, p. 473-483, Aug. 2015.

REDFIELD, A. L.; SULLIVAN, G. A. Effects of conventional and alternative curing methods on processed turkey quality traits. **Poultry Science**, v. 94, n. 12, p. 3005-3014, Dec. 2015.

RIBEIRO, E. P.; SERAVALLI, E. A. G. **Química de alimentos**. 2^a edição. São Paulo: Blucher, 2007. 184p.

RIEL, G. 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, Sept. 2017.

ROMÁN, J. et al. Kinetic and structural study of broccoli myrosinase and its interaction with different glucosinolates. **Food Chemistry**, v. 254, p. 87-94, July 2018.

ROSE, P. et al. Broccoli and watercress suppress matrix metalloproteinase-9 activity and invasiveness of human MDA-MB-231 breast cancer cells. **Toxicology and Applied Pharmacology**, v. 209, n. 2, p. 105-113, Dec. 2005.

SANTAMARIA, P. Review Nitrate in vegetables: toxicity, content, intake and EC regulation. **Journal of Science of Food and Agriculture**, v. 86, p. 10-17, 2006.

SANTAMARIA, P. et al. A survey of nitrate and oxalate content in fresh vegetables. **Journal of Science of Food and Agriculture**, v. 79, p. 1882-1888, 1999.

SEBRAE. **Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas**. Disponível em: <<http://www.sebrae.com.br/sites/PortalSebrae/artigos/o-mercado-para-os-produtos-organicos-esta-aquecido,5f48897d3f94e410VgnVCM1000003b74010aRCRD>>. Acesso em: 13 jan. 2018.

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

SHAHIDI, F. **Flavor of Meat, Meat Products and Seafoods**. 2nd ed. Blackie Academic and Professional, London, UK. 290-317 p., 1998.

SHAN, L. C. et al. Factors that predict consumer acceptance of enriched processed meats. **Meat Science**, v. 113, p. 185-193, 2017.

SIES, H.; STAHL, W. Vitamins E and C, β -carotene, and other carotenoids as antioxidants. **American Journal of Clinical Nutrition**, v. 62, n. 6, p. 1315-1321, 1995.

SKIBSTED, L. H. Review: Nitric oxide and quality and safety of muscle based foods. **Nitric Oxide**, n. 24, n. 4, p. 176-183, 2011.

SIMONOVÁ, M. et al. Characterization of *Staphylococcus xylosus* and *Staphylococcus carnosus* isolated from Slovak meat products. **Meat Science**, v. 73, n. 4, p. 559-564, Aug. 2006.

SINDELAR, J. J. **Investigating uncured no nitrate or nitrite added processed meat products**. 2006. 246 p. Dissertação (Meat Science) – Iowa State University, 2006.

SINDELAR, J. J. et al. Effects of Varying Levels of Vegetable Juice Powder and Incubation Time on Color, Residual Nitrate and Nitrite, Pigment, pH, and Trained Sensory Attributes of Ready-to-Eat Uncured Ham. **Journal of Food Science**, v. 72, n. 6, p. 388-395, June 2007a.

SINDELAR, J. J. et al. Effects of Vegetable Juice Powder Concentration and Storage Time on Some Chemical and Sensory Quality Attributes of Uncured, Emulsified Cooked Sausages. **Journal of Food Science**, v. 72, n. 5, p. 324-332, May 2007b.

SINDELAR, J. J.; MILKOWSKI, A. L. Human safety controversies surrounding nitrate and nitrite in the diet. **Nitric Oxide**, v. 26, n. 4, p. 259-266, May 2012.

SINDELAR, J. J.; MILKOWSKI, A. L. Sodium Nitrite in Processed Meat and Poultry Meats: A Review of Curing and Examining the Risk/Benefit of Its Use. **American Meat Science Association White Paper Series**, n. 3, p. 1-14, Nov. 2011

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, June 2018.

SUNDRUM, A. Organic livestock farming: a critical review. **Livestock Production Science**, v. 67, p. 207-215, 2001.

TARLADGIS, B. G. et al. A distillation method for the quantitative determination of malonaldehyde in rancid foods. **Journal of American Oil Chemists' Society**, v. 37, n. 1, p. 44-48, Jan. 1960.

TERANISHI, K.; NAGATA, M. Prediction and suppression of internal blue discoloration in roots of daikon, the Japanese radish (*Raphanus sativus* L.). **Food Science and Nutrition**, v. 6, p. 2134-2140, 2018.

TODOROV, S. D. et al. Technology and safety assessment for lactic acid bacteria isolated from traditional Bulgarian fermented meat product "lukanka". **Brazilian Journal of Microbiology**, v. 48, n. 3, p. 576-586, July/sept. 2017.

TOLDRA, F., ARISTOY, M-C., FLORES, M. Relevance of nitrate and nitrite in dry-cured ham and their effects on aroma development. **Grasas Y Aceites**, v. 60, n. 3, p. 291-296, 2009.

TOMPKIN R. B. 2005. Nitrite. In P.M. Davidson, J. N. **Sofos and A.L. Branen**. Antimicrobials in food, 3rd ed. (pp. 139-236). CRC Press, Taylor & Frances Group. Boca Raton, FL, USA.

USDA. **United States Department of Agriculture. Food Safety and Inspection Service**. Disponível em: <https://askfsis.custhelp.com/app/answers/detail/a_id/1775/~use-of-celery-powder-and-other-natural-sources-of-nitrite-as-curing-agents>. Acesso em: 16 out. 2017.

USDA. **Food Standards and Labeling Policy Book**. 2005. Disponível em: <https://www.fsis.usda.gov/OPPDE/larc/Policies/Labeling_Policy_Book_082005.pdf>. Acesso em: 16 out. 2017.

VASAVADA, M. N.; CORNFORTH, D. P. Evaluation of milk mineral antioxidant activity in meat balls and nitrite-cured sausage. **Journal of Food Science**, v. 70, p. 250-253, 2005.

VERBEKE, W. et al. European citizen and consumer attitudes and preferences regarding beef and pork. **Meat Science**, v. 84, p. 284-292, 2010.

VIG, A. P. et al. Bio-protective effects of glucosinolates – A review. **Food Science and Technology**, v. 42, n. 10, p. 1561-1572, Dec. 2009.

WAGA, M.; TAKEDA, S.; SAKATA, R. Effect of nitrate on residual nitrite decomposition rate in cooked cured pork. **Meat Science**, v. 129, p. 135-139, July 2017.

WANDER, A. E. et al. Alimentos orgânicos: oportunidades de mercado e desafios. **Revista de Política Agrícola**, v. 16, n. 2, p. 44-55, Jun. 2007.

WEISS, J. et al. Advances in ingredient and processing systems for meat and meat products. **Meat Science**, v. 86, p. 196-213, 2010.

WHO. **World Health Organization**. Guideline for Drinking – water Quality, 2016. Disponível em: <http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/chemicals/nitratenitrite2ndadd.pdf>. Acesso em: 16 out. 2017.

WILLER, H.; LERNOUD, J. The World of Organic Agriculture: statistics and emerging trends 2017. Research Institute of Organic Agriculture (FiBL) and IFOAM – **Organics International**, edição 17, 340 p., 2016.

WILLIAMS, R. J.; SPENCER, J. P. E.; RICE-EVANS, C. Flavonoids: antioxidants or signalling molecules? **Free Radical Biology & Medicine**, v. 36, n. 7, p. 838 -849, Apr. 2004.

WINTER, C. K; DAVIS, S. F. Organic Foods. **Journal of Food Science**, v. 71, n. 9, p. 117-124, 2006.

YUN, J. et al. Oxidative stability and flavor acceptability of nitrite-free meat curing systems. **Can. Inst. Food Sci. Tech. J.**, v. 40, p. 246-251, 1987.

SEGUNDA PARTE - ARTIGOS

ARTIGO 1

Artigo redigido conforme a norma da revista *Food Chemistry*
“Versão Preliminar”

Caracterização de agentes de cura naturais obtidos de rabanete japonês (*Raphanus sativus* L.) para uso na elaboração de produtos cárneos curados cozidos

*Characterization of natural curing agents from japanese radish (*Raphanus sativus* L.) for use in cooked cured meat products*

Resumo

Objetivou-se caracterizar três derivados obtidos de rabanete japonês (RP = rabanete em pó; EA = extrato aquoso do rabanete; e EP = extrato em pó do resíduo de rabanete) e sua aplicação como agentes naturais de cura, avaliando diferentes tempo de incubação (30, 78 e 120 minutos) e seus efeitos na cor e no teor de nitrito residual em produtos cárneos curados cozidos. Todos os derivados de rabanete apresentaram uma tonalidade amarela intensa ($h = 72-105^\circ$ e $C^* = 19-32$), sendo que maiores teores de nitrato, compostos fenólicos, ác. ascórbico e capacidade antioxidante foram observadas para RP, seguido do EP e EA. Quanto da adição em produtos curados, tempos de incubação maiores implicaram em maiores valores de nitrito residual. A adição dos derivados de rabanete tornou os produtos ligeiramente mais escuros (menores valores de L^*), com tonalidade diferente naqueles adicionados de RP ($h = 58,19^\circ$) e EA ($h = 28,29^\circ$) do que no adicionado de EP ($h = 41,94^\circ$) e de nitrito de sódio ($h = 46,61^\circ$). Estes resultados comprovam a viabilidade de uso dos derivados de rabanete como substitutos naturais do nitrito de sódio em produtos cárneos curados.

Palavras-chave: nitrato; nitrito residual; cor instrumental; derivados de vegetal.

1. Introdução

Em muitas partes do mundo, o mercado de alimentos “naturais” e “orgânicos” têm crescido consideravelmente nos últimos anos. A visão negativa relacionada aos aditivos sintéticos, que não podem ser usados nestes alimentos, associada à percepção do consumidor de que alimentos “naturais” e “orgânicos” são mais saudáveis, impulsionaram um aumento significativo na produção de produtos cárneos deste tipo (Choi et al., 2017; Jin, Choi, Yang, Park, & Yim, 2018; Ko, Park, & Yoon, 2017). Entretanto, estes produtos devem ser similares aos convencionais, apresentando as características típicas dos produtos cárneos esperadas pelos consumidores (Sebranek & Bacus, 2007).

Assim, para fabricar produtos cárneos curados “naturais” equivalentes aos produtos convencionais, entre outros ingredientes, são necessários substitutos naturais para os agentes de cura sintéticos, que compreendem os sais de nitrito e, ou, nitrato. Durante o processo de cura, estes sais são responsáveis pelo desenvolvimento de atributos indispensáveis e distintos nos produtos cárneos curados relacionados com a qualidade e segurança alimentar, como conferir a cor rósea, o sabor e aroma característicos; prevenir a rancidez oxidativa de lipídios; e inibir o crescimento de microrganismos deterioradores e patogênicos, especialmente, do *Clostridium botulinum* e a produção de sua toxina (Dutra et al., 2016; Dutra et al., 2017).

Um das alternativas para substituir os sais de cura sintéticos nos produtos cárneos processados é o uso de extratos de vegetais, na forma seca (em pó) ou aquosa, por conterem quantidades significativas de nitrato (Sebranek & Bacus, 2007). O aipo é o vegetal mais utilizado como fonte de nitrato em estudos com produtos cárneos curados (Djeri & Williams, 2014; Horsch et al., 2014; Jin et al., 2018; Sindelar, Cordray, Sebranek, Love, & Ahn, 2007a; Sindelar, Cordray, Sebranek, Love, & Ahn, 2007b), mas outros extratos como alho-poró, repolho, salsa, espinafre, alface e beterraba têm sido avaliados (Choi et al., 2017; Hwang et al., 2018; Kim et al., 2017; Ko et al., 2017; Riel, Boulaaba, Popp, & Klein, 2017; Sucu & Turp, 2018).

No entanto, a indústria de processamento de carnes está buscando ativamente novos compostos naturais que possam melhorar a cor, o sabor e a estabilidade de produtos curados (Choi et al., 2017). Neste contexto, uma inexplorada e potencial fonte para a elaboração de agentes naturais de cura é o rabanete japonês (*Raphanus sativus* L.). Pertencente à família das *Brassicaceae*, também é conhecido como “rabanete branco” ou “rabanete daikon”, apresenta a cor branca, concentrações consideráveis de nitrato, sabor levemente picante, bastante refrescante e moderadamente adocicado, com textura macia e quebradiça (Lana & Tavares, 2010). Os vegetais pertencentes ao gênero *Brássica* se destacam por apresentarem uma composição nutricional distinta, contendo elevados teores de vitaminas e ricos em minerais (Jahangir, Kim, Choi, & Verpoorte, 2009), com potencial favorecimento na saúde humana devido a presença de glucosinolatos, precursores de isotiocianatos bioativos, que atuam contra patologias e doenças crônicas (De Nicola et al., 2013; Nakamura et al., 2001).

Além disso, os rabanetes possuem uma quantidade considerável de compostos com potencial antioxidante, como compostos fenólicos e ácido ascórbico (Baharun, Luximon-Ramma, Crozier, & Aruoma, 2004; Hara, Torazawa, Asai, & Takahashi, 2011; Park et al., 2016), que podem contribuir para a substituição de outros ingredientes de produtos cárneos convencionais, agregando na qualidade e na durabilidade por reduzir os processos oxidativos e favorecer a capacidade antimicrobiana (Nikmaram et al., 2018). Fontes naturais de ácido ascórbico também têm despertado a atenção como alternativas viáveis à substituição dos aditivos ascorbato e, ou, eritorbato de sódio em produtos cárneos convencionais.

Diante do exposto, este trabalho objetivou obter e caracterizar derivados de rabanete japonês, bem como avaliar a cor e o teor de nitrito residual de um produto cárneo curado cozido, elaborado a partir da cura natural, utilizando os derivados de rabanete japonês como fonte de nitrato em substituição ao nitrito de sódio sintético.

2. Material e Métodos

O experimento foi realizado nos Laboratórios de Tecnologia de Carnes e Derivados (LabCarnes) e de Pós-Colheita de Frutas e Hortaliças do Departamento de Ciência dos Alimentos (DCA) da Universidade Federal de Lavras (UFLA), Minas Gerais, Brasil.

2.1 Obtenção dos derivados de Rabanete Japonês

Os rabanetes (*Raphanus sativus* L.) *in natura*, adquiridos no comércio local de Lavras, MG, foram lavados em água corrente à temperatura ambiente, sanitizados em solução de hipoclorito de sódio (100 ppm) por 15 minutos, e, divididos para obtenção de três derivados (Figura 1): rabanete em pó (RP), obtido da secagem dos rabanetes *in natura*; extrato aquoso (EA), obtido a partir do suco do rabanete; e extrato em pó (EP), obtido da secagem do resíduo proveniente da extração do suco do rabanete.

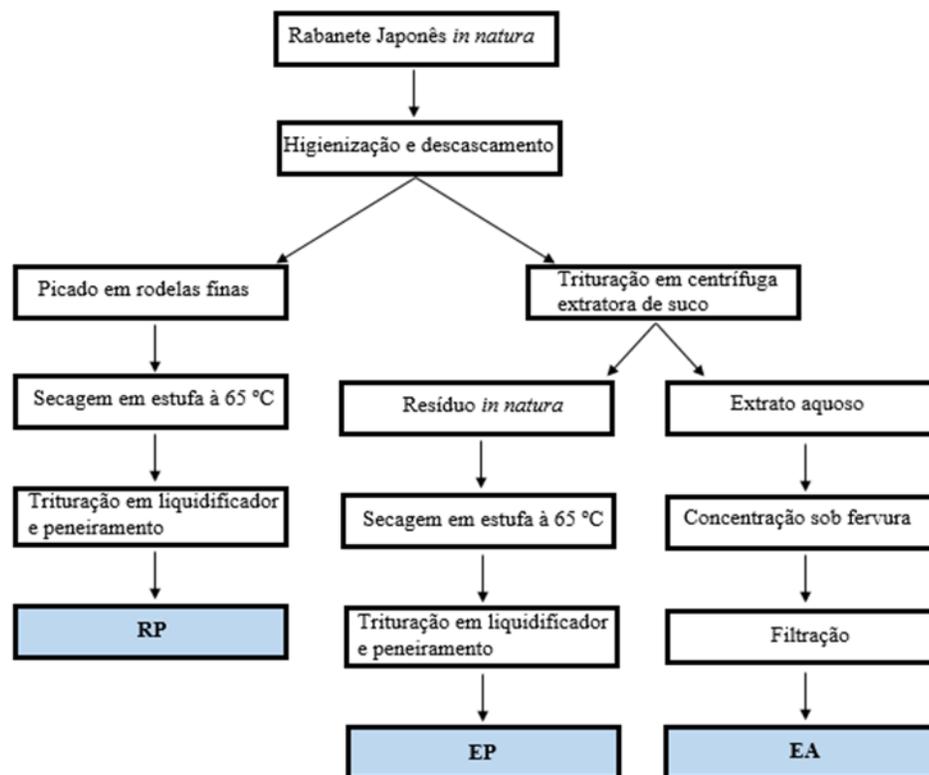


Figura 1. Fluxograma da elaboração dos derivados de rabanete japonês. RP = rabanete em pó; EP = extrato em pó do resíduo de rabanete; e EA = extrato aquoso de rabanete.

Para a obtenção do RP, os caules dos rabanetes higienizados foram descascados manualmente (Descascador com lâmina aço inox, modelo 1049-Keita). Posteriormente, os rabanetes foram pesados, picados em rodela finas, colocadas em tabuleiros e secas em estufa com circulação forçada de ar a 65 °C (Estufa modelo 320-SE; Fanem, SP, Brasil) por 48 horas.

As fatias de rabanete secas foram trituradas em um liquidificador (Walita RI2034; Philips do Brasil Ltda, Braueri, SP, Brasil) até adquirir uma farinha homogênea, sendo peneirada (peneira de 25 Mesh).

Para a obtenção dos EA e EP, após higienizados e descascados manualmente (Descascador com lâmina aço inox, modelo 1049-Keita), os rabanetes foram pesados e triturados em uma centrífuga extratora de suco (Turbo Juicer CF-06; M.K. Mondial Eletrodomésticos SA, Barueri, SP, Brasil), obtendo-se o extrato aquoso e o resíduo *in natura*. O resíduo foi seco em estufa, triturado e peneirado da mesma forma que para o RP, obtendo-se o EP. O extrato aquoso obtido foi concentrado, sob fervura, até obter-se um quarto do peso inicial, sendo a seguir filtrado em organza (malha de dessorar queijo) para se obter o EA. A densidade do EA final foi medida utilizando um picnômetro.

A quantidade de cada derivado do rabanete japonês final obtido foi pesada para determinação do rendimento em relação ao rabanete *in natura* descascado. Os derivados secos (RP e EP) foram embalados a vácuo (embaladora TM-250; TecMaq, SP, Brasil) em embalagem de náilon-polietileno, estocados em temperatura ambiente e mantidos ao abrigo de luz. O rabanete *in natura* e o extrato aquoso (EA) foram embalados em embalagem de náilon-polietileno e mantidos congelados (-18 °C) até o momento das análises de caracterização físicas e químicas.

2.2 Caracterização do rabanete e dos derivados

O rabanete *in natura* e os derivados do rabanete (RP, EP e EA) foram avaliados quanto à sua composição centesimal, pH, sólidos solúveis (SS), acidez titulável (AT), relação SS/AT, fenólicos totais, vitamina C, nitrato e cor instrumental. Além destas análises, os derivados (RP, EP e EA) também foram avaliados quanto a capacidade antioxidante pelo Método de Redução do Ferro (FRAP) e pelo Método de Captura do Radical Livre (ABTS).

2.2.1 Composição centesimal

O rabanete *in natura* e os derivados secos (RP e EP) foram analisados quanto ao teor de umidade total (AOAC 950.46B) por secagem em estufa à 105 °C; proteína pelo método de micro-Kjeldahl (AOAC 981.10), utilizando 6,25 como fator de conversão; cinzas (AOAC 950.46), após incineração em forno mufla à 550 °C; e lipídeos pelo método Soxhlet (AOAC 960.39), segundo a *Association of Official Analytical Chemists* (AOAC, 2012), sendo expressos em percentual.

O teor de proteínas do extrato aquoso (EA) foi determinado pelo método de Biureto, utilizando curva analítica de albumina de soro bovino (BSA) (Ramos & Gomide, 2017), e o resultado expresso em mg/mL. Para a determinação do teor de lipídeo, o extrato aquoso (EA) foi liofilizado e, posteriormente, analisado pelo método Soxhlet (AOAC 960.39), sendo expresso em percentual.

2.2.2 pH, sólidos solúveis e acidez titulável

A determinação dos valores de pH, sólidos solúveis e acidez titulável das amostras *in natura* e secas foi realizada em filtrados obtidos a partir da homogeneização (Turrtec TE 102; TECNAL, Piracicaba, SP, Brasil) de 1 g da amostra em 10 mL de água destilada por 1 min, segundo técnica do Instituto Adolfo Lutz (LUTZ, 2008). O extrato aquoso foi avaliado por medida direta.

A determinação do pH foi realizada utilizando um pHmetro (TEC 3MP; TECNAL, Piracicaba, SP, Brasil) com eletrodo para soluções, previamente calibrado. A determinação dos sólidos solúveis (SS) foi realizado com o uso de um refratômetro portátil (PAL-1; Atago U.S.A., Inc.; Bellevue, EUA), sendo o resultado expresso em percentual. A acidez titulável (AT) foi determinada por titulação com solução padronizada de hidróxido de sódio (NaOH) 0,01N, usando como indicador a fenolftaleína 1%, sendo os resultados expressos em porcentagem de ácido cítrico. A relação SS/AT também foi obtida.

2.2.3 Fenólicos totais e capacidade antioxidante

A determinação do teor de fenólicos totais foi conduzida em filtrados, de acordo com modificações do método descrito por Larrauri, Rupérez, and Saura-Calixto (1997). Cerca de 1 g das amostras (*in natura*, secas e aquosa) foram pesadas em tubos revestidos com papel alumínio e homogeneizadas (Turrtec TE 102; TECNAL, Piracicaba, SP, Brasil) em 10 mL de metanol 50%. Após repouso por 20 min no escuro, os homogeinatos foram mantidos em banho ultrassônico (USC-1600A; Unique, Indaiatuba, SP, Brasil) sem aquecimento por 15 min e filtrados. O resíduo do filtrado foi resuspenso em 10 mL de acetona 70%, mantendo-se no escuro por 20 min e, posteriormente, submeteu-se novamente ao banho ultrassônico sem aquecimento por 15 min e filtrado.

O conteúdo de fenólicos totais foi determinado segundo o método colorimétrico adaptado de Folin-Ciocalteu (Whaterhouse, 2002). Uma alíquota do filtrado de cada amostra (0,5 mL do rabanete *in natura* e do EA; 0,25 mL do EP; e 0,12 mL do RP) foi misturada com 2,5 mL do reagente Folin-Ciocalteu 10% (v/v) e 2,0 mL da solução de carbonato de sódio 4% (m/v). A mistura foi agitada e mantida em repouso por 2 horas, ao abrigo da luz e à temperatura ambiente, antes da leitura a 720 nm (espectrofotômetro Cary 50 UV-Vis; Thermo Scientific Varian, São Paulo, Brasil) contra um branco. Uma curva analítica de ácido gálico (5, 10, 15, 20, 30 e 40 µg/mL) foi usada para calibração, sendo os resultados expressos como mg equivalente de ácido gálico (EAG)/100 g.

A avaliação da capacidade antioxidante foi realizada de duas formas: pelo método de redução do ferro (*Ferric Reducing Antioxidant Power*; FRAP), segundo Rufino et al. (2006); e pelo método de captura do radical livre 2,2'-azinobis (3-etilbenzotiazolina-6-ácido sulfônico; ABTS), segundo Rufino et al. (2007). Estas análises foram conduzidas nos filtrados obtidos para

a determinação dos fenólicos totais, descrito anteriormente, sendo realizada em três diluições e em triplicata.

Para o método FRAP, a capacidade antioxidante foi determinada a partir de uma curva analítica com solução de sulfato ferroso nas concentrações de 500 a 2000 μM , sendo a absorvância das amostras determinadas a 595 nm (espectrofotômetro Cary 50 UV-Vis; Thermo Scientific Varian, São Paulo, Brasil) contra um branco. Os resultados de FRAP foram expressos como $\mu\text{M Fe}^{2+}/\text{g}$ de amostra. Para o método ABTS, foi utilizada uma curva analítica com solução de Trolox (antioxidante sintético análogo à vitamina E), nas concentrações de 100 a 2000 μM , e a absorvância das amostras determinadas a 734 nm (espectrofotômetro Cary 50 UV-Vis; Thermo Scientific Varian, São Paulo, Brasil) contra um branco com álcool etílico. Os resultados de ABTS foram expressos em μM equivalente trolox (ET)/g de amostra.

2.2.4 Vitamina C

O teor de vitamina C foi determinado pelo método colorimétrico, utilizando-se 2,4-dinitrofenilhidrazina, conforme descrito por Strohecker, Mayor Zaragoza, and Henning (1967), em homogenatos obtidos com 5 g de amostra (*in natura*, secas e aquosa) em 50 mL de ácido oxálico 0,5%. As amostras foram lidas em espectrofotômetro (Cary 50 UV-Vis; Thermo Scientific Varian, São Paulo, Brasil) a 520 nm e uma curva analítica de ácido ascórbico 0,1 % foi usada para calibração. Os resultados obtidos foram expressos em mg/100 g.

2.2.5 Teor de nitrato

O teor de nitrato (NO_3) foi quantificado pelo método colorimétrico descrito por Cataldo, Maroon, Schrader, and Youngs (1975). Uma alíquota de 0,1 g do rabanete *in natura* e dos derivados secos (RP e EP) e 3 mL do extrato aquoso (EA) foram suspensos em 10 mL de água destilada e a solução colocada em banho-maria a 45 °C por 1 hora, sendo agitada a cada 15 min. Posteriormente, as soluções foram centrifugadas (Hettich-EBA 21; Nova Analítica Importação e Exportação Ltda., São Paulo, Brasil) a 3820xg por 15 min e o sobrenadante filtrado em papel-filtro. Alíquotas de 0,2 mL do filtrado foram adicionadas de 0,8 mL de solução de ácido salicílico 50 g/L (em H_2SO_4 concentrado) e, lentamente, acrescentadas de 19 mL de solução de hidróxido de sódio 2 M, sob banho de gelo. As amostras foram lidas em espectrofotômetro (Genesys 10 UV; Thermo Scientific Varian, São Paulo, Brasil) a 410 nm e uma curva analítica de soluções diluídas de nitrato de potássio (KNO_3) foi usada para calibração. Os resultados obtidos foram expressos em mg NO_3/Kg .

2.2.6 Cor instrumental

Para avaliação da cor instrumental, utilizou-se o colorímetro Konica Minolta CM-700 (Konica Minolta Sensing Inc, Osaka, Japão), com porta de abertura de 8 mm, iluminante D65,

ângulo de 10° para o observador padrão e luz especular excluída (SCE). As coordenadas luminosidade (L^*), índice de amarelo (b^*) e índice de vermelho (a^*) foram registradas a partir da média de 5 leituras realizadas na superfície interna do rabanete *in natura* e sobre a superfície dos extratos secos e aquoso completamente acomodados em placas de petri, sendo a cor expressa no espaço CIELAB. A saturação (C^*) e o ângulo de tonalidade (h , graus) também foram determinados (Ramos & Gomide, 2017): $C^* = (a^{*2} + b^{*2})^{0,5}$; e $h = \tan^{-1} (b^*/a^*)$.

2.3 Aplicação dos derivados de rabanete em produto cárneo curado cozido

Para avaliar a aplicação prática do uso dos derivados de rabanete como agentes naturais de cura na substituição do nitrito em produtos cárneos, foram elaboradas 5 formulações de produto curado cozido, contendo os 3 derivados de rabanete obtidos (F3, F4 e F5), além dos controles, com 150 mg NO₂/g (F2) e sem adição de nitrito de sódio (F1) (Tabela 1).

Tabela 1. Formulações utilizadas na elaboração dos produtos curados cozidos.

Ingredientes	Quantidade (%)				
	F1 (sem NO ₂)	F2 (com NO ₂)	F3	F4	F5
Paleta/peito suíno	83,3	83,3	83,3	83,3	83,3
Sal	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
Glicose	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
Água resfriada	13,2	13,2	12,2	12,2	4,2
Nitrito de sódio	-	0,015	-	-	-
Cultura <i>starter</i> ¹	-	-	0,021	0,021	0,021
RP	-	-	1,0	-	-
EP	-	-	-	1,0	-
EA	-	-	-	-	9,0

NO₂ = nitrito; RP = rabanete em pó; EP = extrato em pó do resíduo de rabanete; e EA = extrato aquoso de rabanete.

¹Cultura *starter* (Bactoferm® CS-300; Chr. Hansen Inc.) contendo *Staphylococcus carnosus*.

As concentrações dos derivados de rabanete utilizadas foram definidas, a partir da análise de nitrato, de forma que se alcançasse teores mínimos de 120 mg NO₃/kg de produto. Este limite, foi definido para se garantir uma conversão de nitrato das fontes naturais para um valor mínimo de 75 mg/kg de nitrito, que, segundo Sindelar (2015), é necessário para alcançar propriedades adequadas para produtos curados, como uma cor curada aceitável. Além disso, na formulação contendo os derivados de rabanete, foi adicionada cultura de bactérias nitrato-redutoras (Bactoferm® CS-300, contendo *Staphylococcus carnosus*; Chr. Hansen Inc.), na proporção sugerida por Sindelar et al. (2007a), para que o nitrato (NO₃) natural adicionado seja reduzido a

nitrito (NO_2 ; agente ativo da cura) durante o processamento, permitindo as reações de cura. Além disso, um período de incubação em temperatura ótima é necessário para a ação satisfatória da cultura na redução do nitrato a nitrito (Sindelar et al., 2007a), e, desta forma, três tempos de incubação (30, 78 e 120 minutos) a 40 °C foram avaliados.

As carnes suínas (paleta e pernil) foram adquiridas no comércio local de Lavras, MG, refrigeradas (4 °C), dentro do prazo de validade, sendo moídas em equipamento moedor (PB-22; Beccaro Ltda, Rio Claro, SP, Brazil) com discos de furos de 20 mm de diâmetro. O experimento foi conduzido em três repetições, sendo que em cada repetição todas as formulações foram oriundas da mesma batelada de carne moída.

As massas foram preparadas de acordo com as formulações descritas na Tabela 1. Cada massa foi dividida em 3 porções de 200 g, uma para cada tempo de incubação. Posteriormente, as massas obtidas foram embaladas a vácuo (TM-250; TecMaq, SP, Brasil), em embalagem de náilon-polietileno, e conduzidas para o cozimento em banho-maria.

As porções de cada formulação contendo os derivados de rabanete foram aleatorizadas nos três tempos de incubação, em banho-maria a 40 °C, sendo a temperatura interna dos produtos acompanhadas por meio de um termopar no centro geométrico do produto. A marcação do tempo de incubação teve início quando a temperatura interna atingiu 40 °C (após cerca de 40 min). Os produtos controle (com e sem nitrito) foram incubados somente no tempo de 78 minutos. Após concluído o tempo de incubação determinado, as porções foram transferidas para um banho-maria a 75 °C, no qual, permaneceram até a temperatura interna de 71-72 °C (após cerca de 25 min). Os produtos foram imediatamente imersos em banho de água com gelo e armazenados (4 °C) por 24 horas até as posteriores análises.

Os tratamentos (11 formulações), considerando cada formulação e respectivo tempo de incubação, foram dispostos em um delineamento inteiramente casualizado (DIC), com três repetições experimentais.

2.4 Caracterização dos produtos elaborados

Os produtos curados cozidos foram avaliados, em triplicata, quanto a cor instrumental e teor de nitrito residual (NO_2R).

2.4.1 Cor instrumental

A cor instrumental das amostras foi medida usando um colorímetro Minolta CM-700 (Konica Minolta Sensing Inc, Osaka, Japão), com porta de abertura de 8 mm, iluminante D65, ângulo de 10° para o observador padrão e luz especular excluída (SCE). As coordenadas luminosidade (L^*), índice de amarelo (b^*) e índice de vermelho (a^*) foram registradas a partir da média de 5 leituras realizadas na superfície interna dos produtos. A cor foi expressa no espaço CIELAB e as coordenadas angulares saturação (C^*) e ângulo de tonalidade (h , graus) foram

calculadas usando as seguintes equações (Ramos & Gomide, 2017): $C^* = (a^{*2} + b^{*2})^{0,5}$; e $h = \tan^{-1} (b^*/a^*)$.

2.4.2 Teor de nitrato residual

Para a análise do teor de nitrato residual (NO₂R), a extração foi realizada conforme o protocolo AOAC n° 973.31 (AOAC, 2012) e a quantificação segundo adaptação dos procedimentos descritos por Merino (2009). Para a obtenção dos extratos, foram pesadas 5 g de amostra do produto curado cozido e homogeneizadas (Turratex TE 102; TECNAL, Piracicaba, SP, Brasil) com 40 mL de água destilada à 80 °C, sendo mantido em banho-maria por duas horas à 80 °C. Posteriormente, filtrou-se e completou o volume com balão de 250 mL de água destilada. Para a quantificação, uma alíquota de 2 mL do filtrado foi misturada a 1 mL de água destilada em um tubo de ensaio envolto em papel alumínio. Foi acrescentado 0,2 mL de solução sulfanilamida 1% (em ácido clorídrico 0,5 M) e a mistura mantida, no escuro e à temperatura ambiente, por 5 min. A mistura foi, então, transferida para um balão volumétrico de 10 mL, sendo adicionado 0,2 mL de solução N-(1-naftil) etilenodiamine hidrocloreto 0,1% (NED) e o volume completado. A nova mistura foi novamente mantida por 15 min, no escuro e à temperatura ambiente, antes da leitura em espectrofotômetro (Genesys 10 UV; Thermo Scientific Varian, São Paulo, Brasil) a 540 nm. Os teores de nitrato residual foram obtidos por curva analítica de nitrato de sódio (NO₂Na), e os valores expresso em mg NO₂/kg.

2.5 Análise estatística

Os dados da caracterização dos derivados do rabanete (RP, EP e EA) foram avaliados por análise descritiva (reportados como média ± desvio padrão), sendo executadas em triplicata. Os dados da avaliação dos produtos curados cozidos foram avaliados por meio de análise de variância (ANOVA), a um nível de significância de 5%, e, quando necessário, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey. As análises foram conduzidas no programa Statistica® 8.0 (StatSoft, Poland).

3. Resultados e Discussão

3.1 Caracterização do rabanete e dos derivados

O rendimento dos derivados de rabanete obtidos, assim como a sua composição centesimal e do rabanete japonês *in natura* são descritos na Tabela 2.

O baixo rendimento dos derivados se justifica pelo alto teor de umidade do rabanete *in natura*. O menor rendimento do extrato em pó obtido do resíduo de rabanete (EP) em relação ao do rabanete integral (RP), se deve pela separação parcial dos solutos entre as duas frações (aquosa e resíduo). Teixeira (2011) relatou um rendimento ligeiramente maior (6,98%) na

obtenção de farinha de *yacon* (*Smallantus sonchifolius*) a partir do vegetal integral descascado. Jorge (2014), em estudo com obtenção de farinha e extrato aquoso de *yacon*, utilizando o mesmo processo dos extratos EP e EA, também encontrou um rendimento ligeiramente maior para a farinha (5,23%), porém bem maior para o extrato (58,18%), embora este não tenha sido concentrado como neste experimento. Estas diferenças são justificadas por diferença nos tipos de vegetais, que apresentam composições químicas diferentes.

Tabela 2. Rendimento do processo de extração e médias (\pm desvio padrão) da composição centesimal do rabanete *in natura* e dos derivados obtidos.

Característica	Rabanete <i>in natura</i>	Derivados do rabanete		
		RP	EP	EA
Rendimento ¹ (%)	-	5,58	2,94	13,27
Umidade (%)	91,91 \pm 1,83	5,49 \pm 0,04	4,39 \pm 0,02	-
Proteína (%)	1,25 \pm 0,63	13,31 \pm 1,37	10,69 \pm 0,37	5,26 \pm 0,15 ²
Lipídeos (%)	0,20 \pm 0,03	0,50 \pm 0,05	0,97 \pm 0,11	2,00 \pm 0,24
Cinza (%)	1,05 \pm 0,13	11,16 \pm 0,03	9,00 \pm 0,00	-

RP = rabanete em pó; EP = extrato em pó do resíduo de rabanete; e EA = extrato aquoso de rabanete.

¹ Em relação ao rabanete *in natura* descascado.

² Concentração de proteína expresso em mg/mL.

O rabanete japonês *in natura* possui alto teor de umidade, o que o torna muito perecível. O processo de secagem, reduziu o teor de água nos derivados em pó para valores abaixo dos 15% preconizados pela Resolução nº 263, de 22 de setembro de 2005, da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) para farinhas (Brasil, 2005). Segundo esta Resolução, “farinhas” podem ser designadas como produtos resultantes de partes comestíveis de uma ou mais espécies de cereais, leguminosas, frutos, sementes, tubérculos e rizomas, por processos como moagem e/ou outros que permitam a produção de alimentos seguros.

Os vegetais pertencentes à família das Brássicas se destacam pelo conteúdo proteico, lipídico e mineral (Jahangir et al., 2009). Para rabanetes orientais *in natura* (*Raphanus sativus* L.), a composição relatada, segundo o banco de dados de nutrientes do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos, (USDA, 2019) é de: 0,60% de proteína; 0,10% de lipídios totais; 4,10% de carboidratos totais; 1,6% de fibra dietética; e minerais cálcio (27 mg/100 g), ferro (0,40 mg/100 g), magnésio (16 mg/100 g), fósforo (23 mg/100 g), potássio (227 mg/100 g) e zinco (0,15 mg/100 g). No presente estudo, maiores teores de proteína e de lipídios foram observados para o rabanete *in natura* (Tabela 2).

Com a concentração, pela secagem e evaporação, obviamente, estes nutrientes estão presentes em maiores quantidades nos agentes naturais de cura (RP, EP e EA). Djeri and Williams (2014), ao analisarem a composição do suco de aipo em pó, principal agente de cura natural utilizado industrialmente, encontraram os seguintes resultados na matéria seca: 7,90% de

proteína bruta, 0,38% de lipídio e 40% de cinzas. Os extratos de rabanete apresentaram valores mais altos de proteína e de lipídeos do que o do extrato de aipo comercial.

Na Tabela 3 são descritas as características físicas e químicas do rabanete japonês *in natura* e dos derivados de rabanete avaliados. A densidade do EA foi de 1,20 g/mL (a 30 °C).

Tabela 3. Média (\pm desvio padrão) das características físicas e químicas do rabanete *in natura* e dos derivados de rabanete obtidos.

Característica	Rabanete <i>in natura</i>	Derivados do rabanete		
		RP	EP	EA
pH ¹	6,48 \pm 0,11	5,12 \pm 0,01	4,94 \pm 0,01	5,58 \pm 0,01
SS (%)	5,70 \pm 0,08	29,70 \pm 0,15	25,70 \pm 0,15	16,80 \pm 0,44
AT (% ácido cítrico) ¹	0,02 \pm 0,01	0,20 \pm 0,04	0,12 \pm 0,01	0,04 \pm 0,01
SS/AT	25,24 \pm 3,32	14,93 \pm 2,28	21,26 \pm 1,76	446,79 \pm 85,31
Nitrato (mg NO ₃ /Kg)	1066 \pm 254	19116 \pm 4569	12104 \pm 1419	1236 \pm 80
Índices de cor				
Luminosidade (<i>L</i> *)	82,95	61,8	78,06	15,92
Índice de vermelho (<i>a</i> *)	-0,33	10,13	3,62	-5,20
Índice de amarelo (<i>b</i> *)	10,45	30,52	21,47	18,96
Saturação (<i>C</i> *)	10,46	32,16	21,77	19,66
Tonalidade (<i>h</i> , graus)	91,80	71,64	80,42	105,33

RP = rabanete em pó; EP = extrato em pó do resíduo de rabanete; EA = extrato aquoso de rabanete; SS = sólidos solúveis; e AT = acidez titulável.

Os valores de pH dos derivados foram menores do que o observado no rabanete *in natura*, o que se deve à concentração de ácidos orgânicos, conforme aumento observado nos valores de acidez titulável. Como em outros vegetais da família *Brassicaceae*, os ácidos orgânicos predominantes nos rabanetes são os ácidos cítrico, málico e ascórbico (Hara et al., 2011). Os valores de pH dos derivados de rabanete também são menores dos que os 6,05 relatados para pó de beterraba (Sucu & Turp, 2018) e bem menores que a faixa de pH (entre 8,5 e 10,0) comumente encontrados nos concentrados em pó de aipo (Horsch et al., 2014), podendo impactar na qualidade de produtos cárneos curados. Menores valores de pH são determinantes, uma vez que favorecem as reações de cura (Honikel, 2008). Horsch et al. (2014) observaram que a adição de concentrado em pó de aipo pode aumentar o pH de produtos cárneos, reduzindo a formação de óxido nítrico, com implicações negativas na ação antimicrobiana do nitrito formado em alguns produtos.

O teor de sólidos solúveis (SS) e sua relação com a acidez titulável (AT) são parâmetros importantes a serem avaliados do ponto de vista sensorial, pois influenciam o sabor, com a relação SS/AT representando o equilíbrio entre o gosto doce e ácido. O teor de SS é representado em maior proporção pelos níveis de açúcares solúveis totais, seguido pela concentração de ácidos

orgânicos. Segundo Hara et al. (2011), em rabanetes, os teores de ácidos orgânicos totais variaram entre as cultivares, mas são 5 a 13 vezes menores que os teores de açúcares solúveis totais, constituído basicamente de glicose, frutose e sacarose. Segundo o banco de dados da USDA (2019), rabanetes orientais *in natura* (*Raphanus sativus* L.), contêm cerca de 4,10% de carboidratos totais, incluindo cerca de 1,6% de fibra alimentar e 2,5% de açúcares totais; em amostras secas, estes valores podem chegar a 24% de fibra alimentar e 37% de açúcares totais.

Os nabos e rabanetes, bem como o aipo, estão no grupo de vegetais que contêm níveis de nitrato superiores a 2400 mg/kg (Bahadoran, Mirmiran, Jeddi, Azizi, Ghasemi, & Hadaegh, 2016; Djeri & Williams, 2014). Ko et al. (2017) relataram valores de 3931 mg NO₃/kg em rabanetes jovens *in natura*. No entanto, os teores de nitrato encontrado nos rabanetes *in natura* neste trabalho foram bem inferiores a estes valores. Em vegetais e frutas, os teores de nitrato são variáveis e dependentes de inúmeros fatores biológicos e ambientais como: tipo e genética do cultivar; localização (país e região), pois afeta a constituição do solo; intensidade de luz, temperatura e umidade diária; taxa de crescimento; tempo de colheita e armazenamento; práticas agrícolas; métodos de processamento (Bahadoran et al., 2016; Razgallah, Chikh-Rouhou, Boughattas, & M'hamdi, 2016).

Desta forma, devido ao alto teor de nitrato, os derivados de rabanete obtidos apresentam um grande potencial como agentes naturais de cura para uso em produtos cárneos. Maiores teores de nitrato foram observados para RP, por ter sido elaborado a partir do vegetal integral, enquanto que nos EP e EA o teor de nitrato foi separado nas duas frações, com maior quantidade sendo retida no resíduo do que no extrato aquoso, conforme apresentado na Tabela 3. Segundo Sebranek and Bacus (2007), extratos aquosos de aipo, beterraba e espinafre disponíveis comercialmente possuem teores de nitrato entre 2114 a 3227 mg NO₃/kg. Já em extratos em pó de aipo comerciais, os teores de nitrato estão na ordem de 41000 a 60000 mg NO₃/kg (Djeri & Williams, 2014; Sebranek, Jackson-Davis, Myers, & Lavieri, 2012).

Os rabanetes apresentaram uma cor clara, esbranquiçada, caracterizada pelo alto valor da coordenada luminosidade (L^*) e baixa intensidade de cor (C^*). Com a concentração e secagem, as amostras ficaram menos claras (menores valores de L^*) e a tonalidade amarela (altos valores de h) se tornou mais intensa (maiores valores de C^*), especialmente no extrato aquoso. A coloração dos extratos do rabanete japonês é atribuída à formação de compostos amarelos oriundos da degradação do 4-metiltio-3-butenil isotiocianato (4-MTIB), formado a partir da hidrólise de glucosinolatos pela enzima mirosinase quando o vegetal sofre injúrias, em meio aquoso por uma reação com ácido L-ascórbico e compostos di-hidroxifenólicos presentes no vegetal (Nakamura et al., 2001; Takahashi et al., 2015). A maior presença de pigmentos amarelos no extrato aquoso (EA) explica a menor intensidade da tonalidade amarela (menores valores C^*) no extrato em pó do resíduo (EP) em relação ao rabanete em pó obtido do vegetal integral (RP), que também se apresentou mais escuro (menores valores de L^*).

A capacidade antioxidante e os resultados dos teores total de ácido ascórbico e de compostos fenólicos presentes nas amostras são descritos na Tabela 4.

Tabela 4. Média (\pm desvio padrão) do conteúdo total de ácido ascórbico (vitamina C) e compostos fenólicos nas amostras avaliadas e da capacidade antioxidante (métodos ABTS e FRAP) dos derivados de rabanete.

Característica ¹	Rabanete <i>in natura</i>	Derivados do rabanete		
		RP	EP	EA
Fenóis (mg EAG/100g)	38,95 \pm 4,22	642,08 \pm 5,96	282,84 \pm 8,37	81,46 \pm 6,46
Ác. ascórbico (mg/100g)	17,81 \pm 2,39	453,44 \pm 35,72	266,79 \pm 14,49	37,39 \pm 0,93
Capacidade antioxidante				
ABTS (μ M ET/g)	-	2435,22 \pm 291,42	768,09 \pm 6,78	364,48 \pm 0,78
FRAP (μ M Fe ⁺² /g)	-	1738,82 \pm 33,76	511,29 \pm 15,91	164,26 \pm 3,46

RP = rabanete em pó; EP = extrato em pó do resíduo de rabanete; e EA = extrato aquoso de rabanete.

¹ET = equivalente trolox; e EAG = equivalente ácido gálico.

De Nicola et al. (2013) observaram teores de compostos fenólicos de 12,7 a 19,4 mg equivalente ác. caféico/g em rabanetes (variedades daikon e sango, respectivamente). Os principais compostos fenólicos encontrados em rabanetes são os ácidos p-cumárico, ferúlico e caféico (Gutierrez & Perez, 2004). Com relação ao teor de vitamina C, os valores encontrados estão próximos dos descritos (22 mg/100 g) pela USDA (2019) para rabanetes orientais *in natura* (*Raphanus sativus* L.).

Como esperado, a secagem aumentou os teores de compostos fenólicos e de ácido ascórbico nos derivados de rabanete, sendo as maiores concentrações observadas no rabanete em pó (RP) elaborado a partir do vegetal integral, uma vez que, no extrato do resíduo (EP), parte dos compostos foram lixiviados no extrato aquoso (EA), favorecendo a extração de ácido ascórbico e de compostos fenólicos, sendo que este último influencia diretamente no aumento da capacidade antioxidante.

Com relação à capacidade antioxidante, maiores valores foram observados para o RP e EP, especialmente para o RP, o que condiz com os maiores conteúdos de compostos fenólicos e de ácido ascórbico. Além do conteúdo de compostos fenólicos e ácido ascórbico, a capacidade antioxidante dos extratos vegetais depende do conteúdo de flavonóides (De Nicola et al., 2013; Park et al., 2016). Segundo Gutierrez and Perez (2004), os rabanetes também possuem um alto teor de flavonóides como quercetina, kaempferol, miricetina, apigenina e luteolina. Apesar do teor de fenóis em rabanetes secos ser cerca de 2 vezes maior do que de flavonóides (De Nicola et al., 2013), os compostos flavonóides contêm mais grupos hidroxila e comumente possuem maiores atividades antioxidantes (Park et al., 2016). Em rabanetes, a formação de isotiocianatos (como o 4-MTIB) a partir do conteúdo total de glucosinolatos também é importante, uma vez que sua contribuição para a atividade antioxidante destes vegetais já foi comprovada (De Nicola et al., 2013; Nakamura et al., 2001; Takahashi et al., 2015).

Os resultados obtidos na caracterização dos derivados de rabanete demonstraram grande potencial para sua aplicação no setor cárneo como agente natural de cura, tanto pela alta

concentração de nitrato encontrada, quanto pela presença de quantidades consideráveis de ácido ascórbico e fenóis contribuindo para a atividade antioxidante dos mesmos. A presença de compostos antioxidantes é importante, pois contribuem para as reações de cura, acelerando-as. Aditivos com propriedades redutoras são frequentemente adicionados à carne durante o processamento de carnes curadas com intuito de potencializar as ações do nitrito ao acelerar a formação de óxido nítrico (Sebranek & Bacus, 2007).

3.2 Aplicação dos derivados do rabanete em produto cárneo curado cozido

A Tabela 5 apresenta os efeitos do tempo de incubação nos valores de NO_2R e da cor de produtos curados, elaborados com e sem nitrito (controles) e com os agentes naturais de cura.

Foi verificada diferença significativa ($P < 0,05$) dos tratamentos (agentes de cura e tempo de incubação) para ambas as análises de NO_2R e índices de cor. Com a adição dos agentes naturais de cura nas proporções do experimento foi necessário um tempo de incubação de 120 minutos para gerar valores de nitrito residual próximos aos considerados (10 a 15 mg/kg) suficientes para a manutenção da cor curada em tempo de armazenamento prologando (Sindelar & Milkowski, 2012). O tempo de incubação a 40 °C foi um fator determinante para o teor de nitrito residual, sendo maiores valores observados em maiores tempos de incubação. Isto se justifica pelo fato de as bactérias nitrato-redutoras adicionadas terem um período mais prolongado de atuação e, conseqüentemente, maior conversão do nitrato a nitrito nos tratamentos com os derivados de rabanete. Sindelar et al. (2007b) ao avaliarem salsichas tipo frankfurter elaboradas com cultura nitrato-redutoras e concentrações de 0,2% e 0,4% de suco de aipo em pó, observaram que o tempo de incubação a 38 °C foi determinante no teor de nitrito residual, encontrando valores entre 5,6 e 7,7 mg NO_2/kg após 30 min de incubação e entre 24,5 e 46,0 mg NO_2/kg após 120 min. Entretanto, o efeito da incubação por 30 ou 120 min não foi observado em presuntos adicionados de 0,2 e 0,35% de suco de aipo em pó e adicionados de cultura nitrato-redutora (Sindelar et al., 2007a), embora os valores de nitrito residual das amostras adicionadas de agentes naturais de cura no tempo zero de armazenamento tenham sido menores (19,3 a 36,0 mg NO_2/kg) do que as amostras controle (63,4 mg NO_2/kg), adicionadas de 200 mg NO_2/kg .

Além do tempo de incubação, a fonte de nitrato natural também influenciou a quantidade de nitrito residual formada. Nos tratamentos adicionados de EP e EA, que forneceram quantidades de nitrato similares, um tempo de incubação de 120 minutos gerou uma quantidade de nitrito residual menor ($P < 0,05$) nos produtos curados cozidos adicionados de EA. Da mesma forma, nos tratamentos em que foi fornecido uma quantidade um pouco maior de nitrato pelo RP, o teor de nitrito residual foi menor ($P < 0,05$) que nos adicionados de EP e igual ($P > 0,05$) aos adicionados de EA. Isto pode ser devido a diferenças na quantidade de compostos antioxidantes, como fenóis e ácido ascórbico (Tabela 3), que pode funcionar como agentes aceleradores de cura. Segundo Terns, Milkowski, Rankin, and Sindelar (2011), quando um acelerador de cura é usado juntamente com um agente de cura natural, uma maior depleção de nitrito é observada.

Tabela 5. Médias (\pm desvio-padrão) dos valores de nitrito residual (NO₂R) e dos índices de cor CIELAB dos produtos curados cozidos elaborados com e sem nitrito (NO₂) e com os agentes naturais de cura (derivados de rabanete) por diferentes tempos de incubação (INC).

Tratamentos			Índices de cor			
Trat.	Agente de cura ¹	Tempo de incubação (minutos)	NO ₂ R (mg/kg)	Luminosidade (L*)	Saturação (C*)	Tonalidade (h, graus)
T1	Sem NO ₂	78	0,18 \pm 0,09 ^g	70,38 \pm 1,21 ^a	13,72 \pm 1,08 ^b	75,56 \pm 2,25 ^a
T2	150 mg NO ₂ /kg	78	11,25 \pm 0,34 ^b	69,83 \pm 0,73 ^a	12,42 \pm 1,26 ^c	46,61 \pm 2,16 ^c
T3	1% RP (191 mg NO ₃ /kg)	30	5,42 \pm 0,18 ^d	68,01 \pm 0,30 ^a	13,68 \pm 0,69 ^{ab}	60,50 \pm 0,52 ^b
T4	1% RP (191 mg NO ₃ /kg)	78	8,87 \pm 0,55 ^{ce}	67,18 \pm 0,31 ^{ab}	14,41 \pm 0,34 ^{ab}	57,91 \pm 0,36 ^b
T5	1% RP (191 mg NO ₃ /kg)	120	10,74 \pm 0,22 ^{bc}	64,47 \pm 1,70 ^c	15,19 \pm 0,59 ^a	56,16 \pm 1,62 ^b
T6	1% EP (121 mg NO ₃ /kg)	30	3,04 \pm 0,05 ^f	65,47 \pm 0,21 ^{bc}	14,13 \pm 0,21 ^{ab}	41,57 \pm 0,47 ^c
T7	1% EP (121 mg NO ₃ /kg)	78	7,02 \pm 0,32 ^{de}	65,72 \pm 1,38 ^{bc}	14,24 \pm 0,73 ^{ab}	42,29 \pm 6,08 ^c
T8	1% EP (121 mg NO ₃ /kg)	120	14,08 \pm 0,15 ^a	64,60 \pm 1,25 ^{bc}	14,40 \pm 0,72 ^{ab}	41,97 \pm 6,50 ^c
T9	9% EA (134 mg NO ₃ /kg)	30	5,84 \pm 0,10 ^d	63,57 \pm 1,01 ^c	14,17 \pm 0,84 ^{ab}	29,67 \pm 5,54 ^d
T10	9% EA (134 mg NO ₃ /kg)	78	6,22 \pm 0,41 ^d	64,72 \pm 0,79 ^{bc}	14,69 \pm 0,92 ^{ab}	28,72 \pm 2,19 ^d
T11	9% EA (134 mg NO ₃ /kg)	120	9,77 \pm 0,79 ^{bc}	64,57 \pm 1,14 ^{bc}	15,60 \pm 0,53 ^a	26,47 \pm 1,50 ^d

RP = rabanete em pó; EP = extrato em pó do resíduo de rabanete; e EA = extrato aquoso de rabanete.

¹ Em parênteses, a quantidade de nitrato (NO₃) adicionado no produto, baseado no teor de nitrato analisado nos extratos (Tabela 3).

^{a-g} Médias seguidas de letras distintas, na coluna, diferem ($P < 0,05$) pelo teste de Tukey.

Sebranek and Bacus (2007), relatam que em produto cárneo curado com uma fonte natural de nitrato (pó de aipo) a adição de um agente acelerador de cura natural (pó de cereja) reduz o nitrito residual em cerca de 50%. Em salsicha elaborada com pó de aipo com nitrito pré-convertido, Posthuma, Rasmussen, and Sullivan (2018) observaram uma redução nos valores de nitrito residual de 59,32 para 31,64 mg NO₂/kg quando pó de cereja foi usado como acelerador de cura. Estes autores também relataram uma redução nos valores de nitrito residual (79,70 para 62,55 mg NO₂/kg) quando do uso de 495 mg/Kg de eritorbato de sódio em salsichas adicionadas de 156 mg/kg de nitrito de sódio.

O estabelecimento da cor é o primeiro e mais evidente efeito do nitrito quando adicionado à carne, sendo que pequenas quantidades de nitrito (entre 40 a 50 mg/kg) são suficientes para adquirir a coloração desejada dos produtos cárneos curados (Dutra et al., 2017; Sebranek & Bacus, 2007). Aparentemente, pelos valores de nitrito residual, a conversão do nitrato adicionado foi suficiente para se ter estes níveis de nitrito iniciais. Entretanto, a fonte de nitrato natural utilizada influenciou significativamente os índices de cor do produto final.

De forma geral, o tempo de incubação não afetou ($P > 0,05$) os índices de cor dentro dos tratamentos, exceto para os valores de luminosidade (L^*) daqueles adicionados de RP (T3, T4 e T5), em que um tempo de incubação de 120 minutos tornou o produto mais escuro (menores valores de L^*) do que quando incubado por 30 e 78 minutos (Tabela 5). Nenhum escurecimento com tempos de incubação de até 1,0 h foi relatado em experimentos com agentes naturais de cura em presuntos (Sindelar et al., 2007a) e salsichas (Posthuma et al., 2018; Sindelar et al., 2007b).

Os valores de L^* do produto adicionado de 150 mg/kg de nitrito de sódio (T2) não diferiu ($P > 0,05$) dos produtos não curados (T1; não adicionado de nitrito) e dos produtos adicionados de RP e incubados por até 78 minutos (T3 e T4). Entretanto, para os demais tratamentos, a adição dos derivados reduziu os valores de L^* , tornando os produtos ligeiramente mais escuros. Ko et al. (2017) também observaram menores valores de L^* (74,6) em salsichas elaboradas com 20% de extrato aquoso pré-fermentado (contendo nitrito) de rabanete em salsichas, quando comparada às amostras contendo 70 mg/kg de nitrito ($L^* = 83,7$).

Além do tipo de derivado de rabanete utilizado, o escurecimento das amostras pode ser devido à quantidade destes adicionada. Enquanto Sindelar et al. (2007a) não observaram efeitos da adição de 0,2 a 0,35% de aipo em pó na luminosidade de presuntos cozidos, Horsch et al. (2014) relataram que adições de cerca de 0,66% de aipo em pó reduziram os valores de L^* (68,88) de presuntos cozidos quando comparado às amostras curadas com 100 mg/kg ($L^* = 71,45$) e 200 mg/kg ($L^* = 69,78$) de nitrito, sendo que maiores adições (1,34%) tornaram as amostras ainda mais escuras ($L^* = 65,11$), além disso, relataram menores valores de L^* (70,67) para as amostras não curadas do que as curadas com nitrito. Riel et al. (2017) e Djeri and Williams (2014) não observaram nenhuma diferença na luminosidade de mortadelas curadas com 80 e 156 mg/kg de nitrito das curadas com até 0,43% de extrato de salsa e com 0,20% de extrato de aipo, respectivamente. Entretanto, quando grandes quantidades de extrato de aipo (7,34%) foram usadas, Djeri and Williams (2014) relataram uma cor mais escura (menores valores de L^*) e concentrada do que os demais tratamentos.

Em relação aos índices de saturação (C^*) e ângulo de tonalidade (h), que indicam a intensidade e matiz da cor (Ramos & Gomide, 2017), pode-se observar que as amostras não curadas (T1) apresentam uma tonalidade bem mais amarelada/castanha (maiores valores de h) e com maior intensidade (maiores valores de C^*) do que as amostras curadas com nitrito (T2). Estas mudanças são devido à uma redução nos valores de a^* (de 8,29 para 3,42) e aumento nos valores de b^* (de 9,71 para 13,28) com a cura da carne (dados não mostrados), devido à formação do pigmento nitroso hemocromo (de cor rósea), conforme também observado por Horsch et al. (2014) em presuntos cozidos e por Riel et al. (2017) e Djeri and Williams (2014) em mortadelas.

As amostras adicionadas dos derivados de rabanete (T3 ao T11) tiveram ($P < 0,05$) uma cor mais intensa (C^*) do que as amostras curadas com nitrito de sódio, mas não foi observado nenhuma diferença ($P > 0,05$) devido ao tipo de derivado de rabanete adicionado. Amostras com coloração mais intensas ($C^* = 31,30$) também foram observadas por Djeri and Williams (2014) em mortadelas de peru quando adicionadas de altas concentrações (7,34%) de aipo em pó em comparação com as amostras adicionadas de 156 mg/Kg de nitrito ($C^* = 22,77$) ou de 0,20% de extrato de aipo ($C^* = 23,64$).

Entre os índices de cor, a tonalidade foi a mais afetada pela adição dos derivados de rabanete, independentemente do tempo de incubação, sendo os valores diferentes de acordo com o tipo de derivado adicionado. A adição de RP (T3, T4 e T5) implicou ($P < 0,05$) em tonalidades menos vermelhas (média de $58,19^\circ$) do que nas amostras (T6, T7 e T8) adicionadas de EP (média de $41,94^\circ$), provavelmente devido à maior intensidade da tonalidade de amarelo observado naqueles derivados (Tabela 3). Enquanto a tonalidade das amostras contendo EP (T6, T7 e T8) não diferiram ($P > 0,05$) das adicionadas de nitrito (T2) e as amostras adicionadas de EA (T9, T10 e T11) eram as com tonalidade mais avermelhadas de todas (média de $28,29^\circ$).

4. Conclusão

Os derivados de rabanete obtidos neste experimento possuíam alta concentração de nitrato e consideráveis quantidades de compostos (ácido ascórbico e fenóis) com capacidade antioxidante, tendo grande potencial de uso no setor cárneo como agente natural de cura.

Na elaboração de um produto curado cozido apesar do tempo de incubação e o tipo de derivado de rabanete influenciarem a cor curada e o teor de nitrito residual, as características dos produtos foram similares aos adicionados de nitrito de sódio. De forma geral, a adição de RP implicou em tonalidades menos vermelhas do que nos tratamentos com o EP, que não diferiram do controle com nitrito de sódio e os tratamentos adicionados de EA apresentaram tonalidade mais avermelhadas.

No entanto, pesquisas adicionais são necessárias para otimizar a aplicação destes derivados de rabanete nestes e em outros tipos de produtos curados, como emulsionados e fermentados, e avaliar os efeitos da adição nas suas características sensoriais e estabilidade durante o armazenamento.

5. Referências

- AOAC. (2012). *Official methods of analysis of AOAC International* (19th ed.). Gaithersburg, MD: Association of Official Analytical Chemists.
- Bahadoran, Z., Mirmiran, P., Jeddi, S., Azizi, F., Ghasemi, A., & Hadaegh, F. (2016). Nitrate and nitrite content of vegetables, fruits, grains, legumes, dairy products, meats and processed meats. *Journal of Food Composition and Analysis*, *51*, 93-105. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2016.06.006>
- Bahorun, T., Luximon-Ramma, A., Crozier, A., & Aruoma, O. I. (2004). Total phenol, flavonoid, proanthocyanidin and vitamin C levels and antioxidant activities of Mauritian vegetables. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, *84*(12), 1553-1561. <https://doi.org/10.1002/jsfa.1820>
- Brasil. (2005). Ministério da Saúde (MS), Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), RDC no. RDC nº 263, 22 de setembro de 2005, Dispõe sobre o regulamento técnico para produtos de cereais, amidos, farinhas e farelos. *Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil*, Brasília.
- Cataldo, D. A., Maroon, M., Schrader, L. E., & Youngs, V. L. (1975). Rapid colorimetric determination of nitrate in plant tissue by nitration of salicylic acid. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, *6*(1), 71-80. <https://doi.org/10.1080/00103627509366547>
- Choi, Y. S., Kim, T. K., Jeon, K. H., Park, J. D., Kim, H. W., Hwang, K. E., & Kim, Y. B. (2017). Effects of pre-converted nitrite from red beet and ascorbic acid on quality characteristics in meat emulsions. *Korean J Food Sci Anim Resour*, *37*(2), 288-296. <https://doi.org/10.5851/kosfa.2017.37.2.288>
- De Nicola, G. R., Bagatta, M., Pagnotta, E., Angelino, D., Gennari, L., Ninfali, P., Rollin, P., & Iori, R. (2013). Comparison of bioactive phytochemical content and release of isothiocyanates in selected brassica sprouts. *Food Chemistry*, *141*(1), 297-303. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.02.102>
- Djeri, N., & Williams, S. K. (2014). Celery Juice Powder Used as Nitrite Substitute in Sliced Vacuum-Packaged Turkey Bologna Stored at 4C for 10 Weeks Under Retail Display Light. *Journal of Food Quality*, *37*(5), 361-370. <https://doi.org/10.1111/jfq.12102>
- Dutra, M. P., Aleixo, G. C., Ramos, A. L. S., Silva, M. H. L., Pereira, M. T., Piccoli, R. H., & Ramos, E. M. (2016). Use of gamma radiation on control of *Clostridium botulinum* in mortadella formulated with different nitrite levels. *Radiation Physics and Chemistry*, *119*, 125-129. <https://doi.org/10.1016/j.radphyschem.2015.10.008>
- Dutra, M. P., Cardoso, G. P., Fontes, P. R., Silva, D. R. G., Pereira, M. T., Ramos, A. d. L. S., & Ramos, E. M. (2017). Combined effects of gamma radiation doses and sodium nitrite content on the lipid oxidation and color of mortadella. *Food Chemistry*, *237*(1), 232-239. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.05.108>
- Gutierrez, R. M., & Perez, R. L. (2004). *Raphanus sativus* (Radish): their chemistry and biology. *Scientific World Journal*, *4*, 811-837. <https://doi.org/10.1100/tsw.2004.131>
- Hara, M., Torazawa, D., Asai, T., & Takahashi, I. (2011). Variations in the soluble sugar and organic acid contents in radish (*Raphanus sativus* L.) cultivars. *International Journal of Food Science & Technology*, *46*(11), 2387-2392. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2011.02761.x>
- Honikel, K. O. (2008). The use and control of nitrate and nitrite for the processing of meat products. *Meat Science*, *78*(1-2), 68-76. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2007.05.030>

- Horsch, A. M., Sebranek, J. G., Dickson, J. S., Niebuhr, S. E., Larson, E. M., Lavieri, N. A., Ruther, B. L., & Wilson, L. A. (2014). The effect of pH and nitrite concentration on the antimicrobial impact of celery juice concentrate compared with conventional sodium nitrite on *Listeria monocytogenes*. *Meat Science*, *96*(1), 400-407. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2013.07.036>
- Hwang, K. E., Kim, T. K., Kim, H. W., Seo, D. H., Kim, Y. B., Jeon, K. H., & Choi, Y. S. (2018). Effect of natural pre-converted nitrite sources on color development in raw and cooked pork sausage. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, *31*(8), 1358-1365. <https://doi.org/10.5713/ajas.17.0767>
- Jahangir, M., Kim, H. K., Choi, Y. H., & Verpoorte, R. (2009). Health-affecting compounds in Brassicaceae. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, *8*(2), 31-43. <https://doi.org/10.1111/j.1541-4337.2008.00065.x>
- Jin, S.-K., Choi, J. S., Yang, H.-S., Park, T.-S., & Yim, D.-G. (2018). Natural curing agents as nitrite alternatives and their effects on the physicochemical, microbiological properties and sensory evaluation of sausages during storage. *Meat Science*, *146*, 34-40. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2018.07.032>
- Jorge, E. C. (2014). *Caracterização de mortadelas formuladas com extrato e farinha de yacon (Smallanthus sonchifollius)*. Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.
- Kim, T. K., Kim, Y. B., Jeon, K. H., Park, J. D., Sung, J. M., Choi, H. W., Hwang, K. E., & Choi, Y. S. (2017). Effect of fermented spinach as sources of pre-converted nitrite on color development of cured pork loin. *Korean J Food Sci Anim Resour*, *37*(1), 105-113. <https://doi.org/10.5851/kosfa.2017.37.1.105>
- Ko, Y. M., Park, J. H., & Yoon, K. S. (2017). Nitrite formation from vegetable sources and its use as a preservative in cooked sausage. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, *97*(6), 1774-1783. <https://doi.org/10.1002/jsfa.7974>
- Lana, M. M., & Tavares, S. A. (2010). *50 Hortaliças: como comprar, conservar e consumir* (2^a ed.). Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica.
- Larrauri, J. A., Rupérez, P., & Saura-Calixto, F. (1997). Effect of drying temperature on the stability of polyphenols and antioxidant activity of red grape pomace peels. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, *45*(4), 1390-1393. <https://doi.org/10.1021/jf960282f>
- LUTZ, I. A. (2008). *Métodos físico-químicos para análise de alimentos* (1^a edição digital ed.). São Paulo, SP: Instituto Adolfo Lutz.
- Merino, L. (2009). Development and Validation of a Method for Determination of Residual Nitrite/Nitrate in Foodstuffs and Water After Zinc Reduction. *Food Analytical Methods*, *2*(3), 212-220. <https://doi.org/10.1007/s12161-008-9052-1>
- Nakamura, Y., Iwahashi, T., Tanaka, A., Koutani, J., Matsuo, T., Okamoto, S., Sato, K., & Ohtsuki, K. (2001). 4-(Methylthio)-3-butenyl isothiocyanate, a principal antimutagen in daikon (*Raphanus sativus*; Japanese white radish). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, *49*(12), 5755-5760.
- Nikmaram, N., Budaraju, S., Barba, F. J., Lorenzo, J. M., Cox, R. B., Mallikarjunan, K., & Roohinejad, S. (2018). Application of plant extracts to improve the shelf-life, nutritional and health-related properties of ready-to-eat meat products. *Meat Science*, *145*, 245-255. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2018.06.031>
- Park, C. H., Baskar, T. B., Park, S. Y., Kim, S. J., Valan Arasu, M., Al-Dhabi, N. A., Kim, J. K., & Park, S. U. (2016). Metabolic Profiling and Antioxidant Assay of Metabolites from

- Three Radish Cultivars (*Raphanus sativus*). *Molecules*, 21(2), 157. <https://doi.org/10.3390/molecules21020157>
- Posthuma, J. A., Rasmussen, F. D., & Sullivan, G. A. (2018). Effects of nitrite source, reducing compounds, and holding time on cured color development in a cured meat model system. *LWT - Food Science and Technology*, 95, 47-50. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.04.040>
- Ramos, E. M., & Gomide, L. A. M. (2017). *Avaliação da Qualidade de Carnes: Fundamentos e Metodologias* (2a ed.). Viçosa: Editora UFV.
- Razgallah, N., Chikh-Rouhou, H., Boughattas, I., & M'hamdi, M. (2016). Nitrate contents in some vegetables in Tunisia. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 62(4), 473-483. <https://doi.org/10.1080/03650340.2015.1072623>
- Riel, G., Boulaaba, A., Popp, J., & Klein, G. (2017). 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*, 131, 166-175. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2017.05.007>
- Rufino, M. S. M., Alves, R. E., Brito, E. S., Morais, S. M., Sampaio, C. G., Pérez-Jimenez, J., & Saura-Calixto, F. D. (2006). Metodologia científica: determinação da atividade antioxidante total em frutas pelo método de redução do ferro (FRAP). In *Comunicado técnico on-line Embrapa* (pp. 4). Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical.
- Rufino, M. S. M., Alves, R. E., Brito, E. S., Morais, S. M., Sampaio, C. G., Pérez-Jimenez, J., & Saura-Calixto, F. D. (2007). Metodologia científica: determinação da atividade antioxidante total em frutas pela captura do radical livre ABTS^{o+}. In *Comunicado técnico on-line Embrapa* (pp. 4). Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical.
- Sebranek, J. G., & Bacus, J. N. (2007). Cured meat products without direct addition of nitrate or nitrite: what are the issues? *Meat Science*, 77(1), 136-147. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2007.03.025>
- Sebranek, J. G., Jackson-Davis, A. L., Myers, K. L., & Lavieri, N. A. (2012). Beyond celery and starter culture: Advances in natural/organic curing processes in the United States. *Meat Science*, 92(3), 267-273. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2012.03.002>
- Sindelar, J. J. (2015). Impacts of removing functional non-meat ingredients in processed meat products and exploring possible alternatives. In *68 th Annual Reciprocal Meat Conference*, (pp. 48-51). Lincoln, NE, USA: American Meat Science Association.
- Sindelar, J. J., Cordray, J. C., Sebranek, J. G., Love, J. A., & Ahn, D. U. (2007a). Effects of varying levels of vegetable juice powder and incubation time on color, residual nitrate and nitrite, pigment, pH, and trained sensory attributes of ready-to-eat uncured ham. *Journal of Food Science*, 72(6), S388-S395. <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2007.00404.x>
- Sindelar, J. J., Cordray, J. C., Sebranek, J. G., Love, J. A., & Ahn, D. U. (2007b). Effects of vegetable juice powder concentration and storage time on some chemical and sensory quality attributes of uncured, emulsified cooked sausages. *Journal of Food Science*, 72(5), S324-S332. <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2007.00369.x>
- Sindelar, J. J., & Milkowski, A. L. (2012). Human safety controversies surrounding nitrate and nitrite in the diet. *Nitric Oxide*, 26(4), 259-266. <https://doi.org/10.1016/j.niox.2012.03.011>
- Strohecker, R., Mayor Zaragoza, F., & Henning, H. M. (1967). *Analisis de vitaminas : métodos comprobados*. Madrid: Paz Montalvo.

- Sucu, C., & Turp, G. Y. (2018). The investigation of the use of beetroot powder in Turkish fermented beef sausage (sucuk) as nitrite alternative. *Meat Science*, *140*, 158-166. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2018.03.012>
- Takahashi, A., Yamada, T., Uchiyama, Y., Hayashi, S., Kumakura, K., Takahashi, H., Kimura, N., & Matsuoka, H. (2015). Generation of the antioxidant yellow pigment derived from 4-methylthio-3-butenyl isothiocyanate in salted radish roots (takuan-zuke). *Biosci Biotechnol Biochem*, *79*(9), 1512-1517. <https://doi.org/10.1080/09168451.2015.1032881>
- Teixeira, J. T. (2011). *Elaboração de apresuntado formulado com farinha e extrato de yacon (Smilax sonchifolius)*. Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.
- Terns, M. J., Milkowski, A. L., Rankin, S. A., & Sindelar, J. J. (2011). Determining the impact of varying levels of cherry powder and starter culture on quality and sensory attributes of indirectly cured, emulsified cooked sausages. *Meat Science*, *88*(2), 311-318. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2011.01.009>
- USDA. (2019). USDA Food Composition Databases. In, vol. 2019 (pp. USDA Food and Nutrient Database for Dietary Studies for Standard Reference Legacy and USDA Branded Food Products Database): United States Department of Agriculture.
- Whaterhouse, A. L. (2002). Polyphenolics: Determination of total phenolic. In R. Wrolstad, E. (Ed.), *Current Protocols in Food Analytical Chemistry*, (pp. 1.1.1-1.1.8.). New York: John Wiley & Sons.

Material suplementar

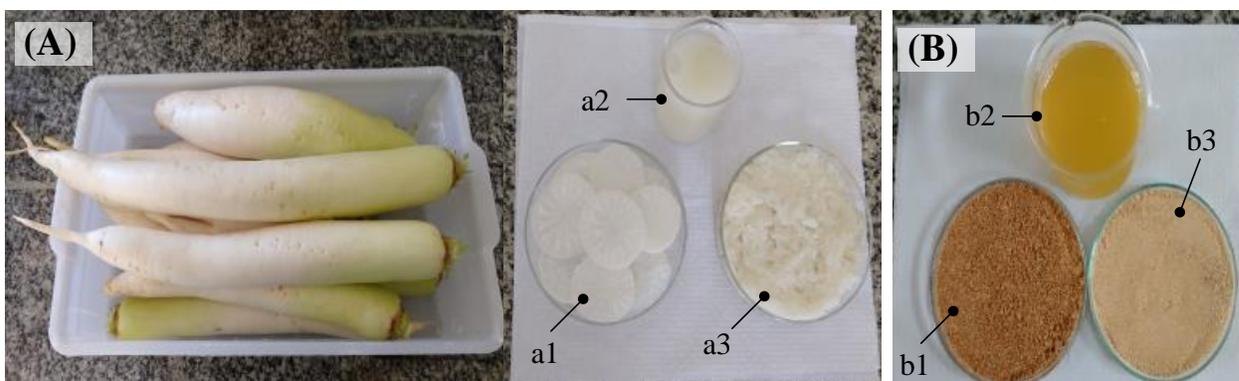


Figura S1. Fotografias das matérias-primas e dos derivados utilizados no experimento: (A) rabanete japonês *in natura*, picado em rodela (a1), extrato aquoso (a2) e resíduo (a3) obtidos em centrífuga extratora de suco; e (B) rabanete em pó obtido da secagem dos rabanetes em rodela (b1 = RP), extrato aquoso após concentração (b2 = EA) e extrato em pó obtido da secagem do resíduo (b3 = EP).

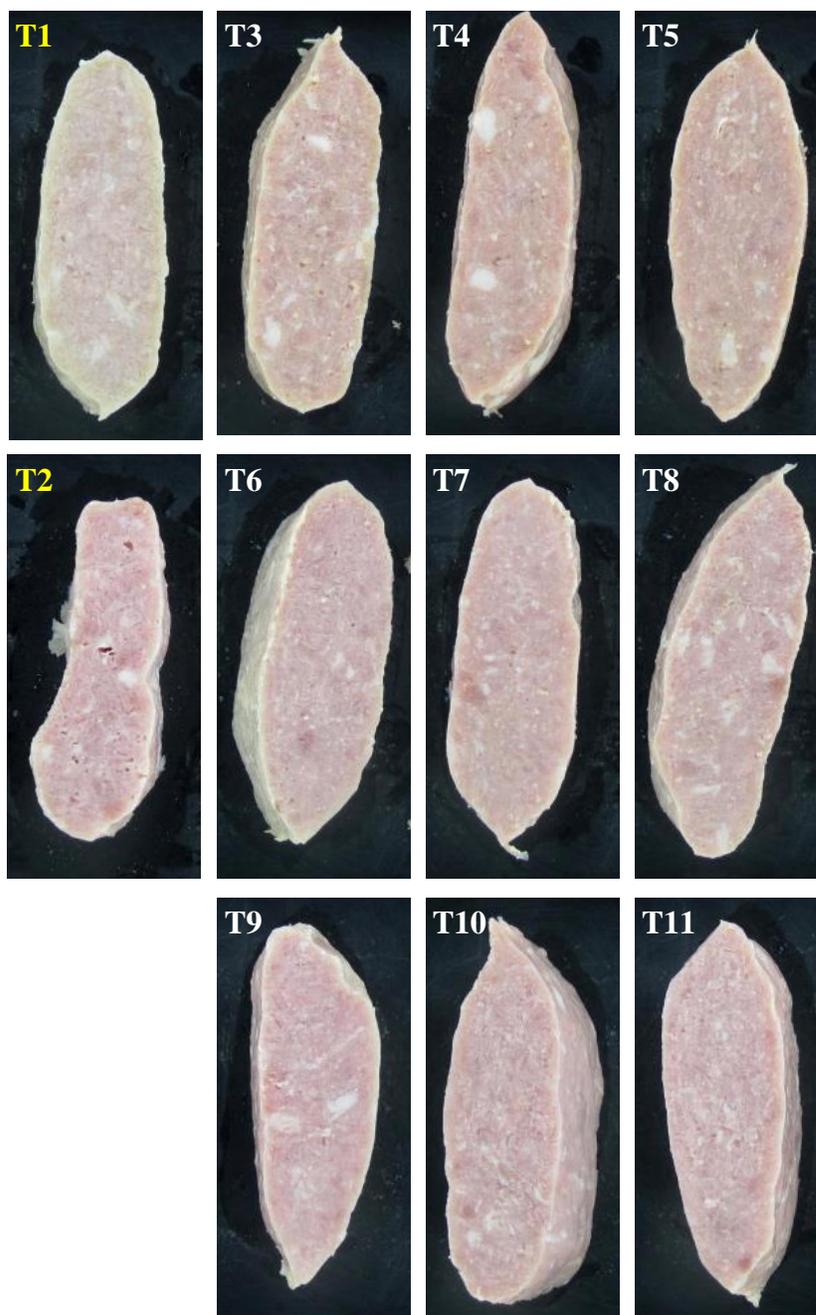


Figura S2. Fotografias dos produtos curados cozidos elaborados com e sem nitrito, com os derivados de rabanete (RP = rabanete em pó; EP = extrato em pó do resíduo de rabanete; e EA = extrato aquoso de rabanete) e submetidos a diferentes tempos de incubação: T1 = sem uso de nitrito e 78 min de incubação; T2 = 150 mg/kg de nitrito de sódio e 78 min de incubação; T3 = 1% RP e 30 min de incubação; T4 = 1% RP e 78 min de incubação; T5 = 1% RP e 120 min de incubação; T6 = 1% EP e 30 min de incubação; T7 = 1% EP e 78 min de incubação; T8 = 1% EP e 120 min de incubação; T9 = 9% EA e 30 min de incubação; T10 = 9% EA e 78 min De incubação; e T11 = 9% EA e 120 min de incubação.

ARTIGO 2

Artigo redigido conforme a norma da revista *Meat Science*
“Versão Preliminar”

Avaliação de derivados do rabanete japonês como substituto de nitrito nas propriedades físico-químicas e sensoriais de apresuntados

The assessment of Japanese radish derivatives as a nitrite substitute on the physicochemical and sensorial properties of restructured cooked hams

Resumo

Objetivou-se avaliar as propriedades tecnológicas e sensoriais de apresuntados elaborados com três agentes naturais de cura (ARP: 0,5% rabanete em pó; AEA: 3% extrato aquoso de rabanete; e AEP: 0,5% extrato em pó do resíduo de rabanete), comparando-os a produtos elaborados com 40 e 150 mg/kg de nitrito de sódio (AN40 e AN150, respectivamente). Nenhuma diferença ($P > 0,05$) foi observada entre os tratamentos para a composição centesimal, perda de peso por cozimento e pH. Maiores ($P < 0,05$) teores de nitrito residual foram observados nas amostras AN150, seguido das com agentes naturais de cura e das AN40. Todas as amostras com derivados de rabanete apresentaram uma tonalidade similar a AN40, não havendo diferença na tonalidade entre as amostras AEA e AN150. A estabilidade da cor curada não foi afetada ($P > 0,05$) pelos tratamentos. Os consumidores perceberam um aroma e sabor não característicos nas amostras contendo os agentes naturais de cura, mas a aceitação da amostra AEA foi semelhante à AN150 quanto a aparência e à AN40 quanto aos demais atributos sensoriais avaliados. Foi confirmado um potencial de uso dos derivados de rabanete, em especial o extrato aquoso, como agente natural de cura na elaboração de apresuntados.

Palavras-chave: nitrito residual; aceitabilidade; *Check-All-That-Apply* (CATA); teste de diferença do controle.

1. Introdução

O processo de cura é um método antigo de conservação de alimentos, que consiste na utilização de sais de nitrito e, ou, do seu precursor nitrato. Em produtos curados, o nitrito é adicionado para o desenvolvimento da cor rósea, sabor e aroma característicos, desempenhando, ainda, uma ação antioxidante, prevenindo a rancidez oxidativa, e, tendo importância fundamental na segurança dos produtos, ao inibir a multiplicação de microrganismos patogênicos como o *Clostridium botulinum* (Dutra et al., 2016; Dutra et al., 2017). No entanto, recentemente tem havido um aumento na demanda por ingredientes naturais para substituir os aditivos sintéticos, impulsionado pela busca e preferência dos consumidores por produtos “naturais” e “orgânicos”,

que são percebidos por estes como produtos mais saudáveis (Choi et al., 2017; Jin, Choi, Yang, Park, & Yim, 2018). No Brasil, a projeção do Conselho Nacional da Produção Orgânica e Sustentável (Organis) é um faturamento de R\$ 4 bilhões em 2018 e a continuidade do crescimento de 25% ao ano registrado desde 2015 (Bosa, 2018).

Uma das alternativas para contornar a adição direta dos sais de cura sintéticos nos produtos cárneos processados consiste no desenvolvimento de um processo denominado de “cura natural”, que se fundamenta no mesmo princípio da cura tradicional, porém utilizando ingredientes de origem vegetal naturalmente ricos em nitrato, como extratos secos ou aquosos de aipo, espinafre, beterraba, salsa, entre outros (Choi et al., 2017; Kim et al., 2017; Riel, Boulaaba, Popp, & Klein, 2017; Sebranek & Bacus, 2007; Sucu & Turp, 2018). Como o agente ativo da cura é o nitrito, o nitrato adicionado deve ser reduzido a nitrito durante o processamento, o que pode ser conseguido pela fermentação prévia do extrato vegetal por uma cultura nitrato-redutora e a sua utilização no produto (Djeri & Williams, 2014; Kim et al., 2017), ou através da adição do extrato vegetal e da cultura diretamente no produto seguido de um tempo de incubação antes do cozimento para que esta redução ocorra (Posthuma, Rasmussen, & Sullivan, 2018; Sindelar, Cordray, Sebranek, Love, & Ahn, 2007a; Sindelar, Cordray, Sebranek, Love, & Ahn, 2007b).

Na busca de novos compostos naturais que possam melhorar a cor, o sabor e a estabilidade de produtos curados, Guimaraes (2019) demonstrou o potencial de uso de derivados de rabanete japonês (*Raphanus sativus* L.), em pó e aquoso, como agente natural de cura, por conter quantidades significativas de nitrato, além de apresentar atividade antioxidante devido a presença de compostos fenólicos e de ácido ascórbico. Ao avaliar a aplicação destes agentes naturais de cura em um produto cárneo curado cozido, este autor observou que o teor de nitrito residual foi suficiente para o desenvolvimento de uma cor curada, medida instrumentalmente, similar ao de produtos adicionados de 150 mg/kg de nitrito de sódio.

Entretanto, além do nitrato, deve-se considerar que os vegetais contêm quantidades consideráveis de metabólicos secundários que estão diretamente relacionados as características sensoriais (Jahangir, Kim, Choi, & Verpoorte, 2009). Assim, o uso de agentes naturais de cura de origem vegetal em produtos cárneos deve fornecer aos consumidores as propriedades sensoriais e tecnológicas esperadas dos produtos cárneos tradicionalmente curados, pois os atributos sensoriais (sabor, aparência, aroma e textura) influenciam diretamente a decisão de compra e aceitação dos consumidores. No caso dos derivados de rabanete, estes derivam de um vegetal de sabor levemente picante, bastante refrescante e moderadamente adocicado (Lana & Tavares, 2010), porém com alto conteúdo de glucosinolatos, precursores de isotiocianatos bioativos, que apesar de atuarem contra patologias e doenças crônicas (De Nicola et al., 2013), são responsáveis por um aroma sulfuroso e pungente (Coogan, Wills, & Nguyen, 2001).

Compreender as percepções sensoriais dos consumidores no desenvolvimento de produtos adicionados de fontes naturais de nitrato se faz de extrema importância para otimização de formulações sem impactar negativamente na aceitação dos produtos. Desta forma, o presente trabalho teve como objetivo avaliar os efeitos da utilização de agentes naturais de cura, derivados

de rabanete, em substituição ao nitrito de sódio, sobre as propriedades sensoriais e algumas características físicas e químicas importantes de apresuntados.

2. Material e Métodos

O experimento foi realizado nos laboratórios de Tecnologia de Carnes e Derivados (LabCarnes) e de Análise Sensorial do Departamento de Ciência dos Alimentos (DCA), da Universidade Federal de Lavras (UFLA), Minas Gerais, Brasil.

2.1 Elaboração dos apresuntados

O preparo e a composição dos derivados de rabanete utilizados neste experimento foram descritos previamente (Guimaraes, 2019): rabanete em pó (RP), obtido da secagem dos rabanetes *in natura*; extrato aquoso (EA), obtido a partir do suco do rabanete; e extrato em pó do resíduo (EP), obtido da secagem do resíduo de rabanete.

Foram avaliadas cinco formulações de apresuntados (Tabela 1), em dois ensaios independentes (repetições), sendo três tratamentos com adição dos derivados do rabanete (0,5% RP; 0,5% EP e 3,0% EA) e dois adicionados de nitrito de sódio: um com quantidades tradicionalmente utilizadas (150 mg/Kg) e outro com quantidades reduzidas (40 mg/Kg). A quantidade a ser adicionada no produto com redução de nitrito de sódio foi baseado na observação de que a adição de 40 a 50 mg/kg de nitrito é geralmente considerada adequada para o desenvolvimento de cor na maioria dos produtos curados (Sebranek & Bacus, 2007). As concentrações dos derivados de rabanete foram definidas, a partir dos resultados de Guimaraes (2019), de forma a se obter características tecnológicas satisfatórias e com menor impacto nas características sensoriais. Nestas formulações, também foi adicionado cultura de bactérias nitrato-redutoras (Bactoferm® CS-300, contendo *Staphylococcus carnosus*; Chr. Hansen Inc.), para que o nitrato (NO₃) natural adicionado fosse reduzido a nitrito (NO₂; agente ativo da cura) durante o processamento, permitindo as reações de cura.

As carnes suínas (paleta e pernil) foram adquiridas no comércio local de Lavras, MG, refrigeradas (4 °C), dentro do prazo de validade, sendo moídas em equipamento moedor (PB-22; Beccaro Ltda, Rio Claro, SP, Brazil) com discos de furos de 20 mm de diâmetro. Em cada repetição, todas as formulações foram oriundas da mesma batelada de carne moída.

As massas foram preparadas de acordo com as formulações descritas na Tabela 1. Posteriormente, as massas obtidas foram, então, pesadas, embaladas a vácuo (TM-250; TecMaq, SP, Brasil) em embalagem de náilon-polietileno e enformadas em forma metálica para presunto de 1 Kg.

Os tratamentos (AN40 e AN150) adicionados de nitrito de sódio foram mantidos em câmara fria (4 °C) por 12h para o processo de cura tradicional antes do cozimento em banho-maria. Para os tratamentos contendo os agentes naturais de cura (ARP, AEA e AEP), um período de incubação de 30 min a 40 °C foi utilizado para o processo de cura, garantindo uma ação

satisfatória da cultura na redução do nitrato a nitrito (Guimaraes, 2019). A marcação do tempo de incubação teve início quando a temperatura interna atingiu 40 °C, verificada com auxílio de um termopar no centro geométrico do produto.

Tabela 1. Formulações utilizadas na elaboração dos apresentados com os agentes naturais de cura e com diferentes concentrações de nitrito de sódio.

Ingredientes	Quantidade (%)				
	AN40	AN150	ARP	AEA	AEP
Paleta/pernil suíno	83,3	83,3	83,3	83,3	83,3
Sal	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
Glicose	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
Condimento para Presunto	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Água resfriada	12,6	12,6	12,2	9,7	12,2
Nitrito de sódio	0,004	0,015	-	-	-
Eritorbato de sódio	0,055	0,055	-	-	-
Cultura <i>starter</i> ¹	-	-	0,025	0,025	0,025
RP (96 mg NO ₃ /kg) ²	-	-	0,5	-	-
EA (45 mg NO ₃ /kg) ²	-	-	-	3,0	-
EP (61 mg NO ₃ /kg) ²	-	-	-	-	0,5

Tratamentos: AN40 = 40 mg/kg de nitrito de sódio; AN150 = 150 mg/kg de nitrito de sódio; ARP = 0,5% de rabanete em pó (RP); AEA = 3,0% de extrato aquoso de rabanete (EA); e AEP = extrato em pó do resíduo de rabanete (EP).

¹Cultura *starter* (Bactoferm® CS-300; Chr. Hansen Inc.) contendo *Staphylococcus carnosus*.

² Em parênteses, o equivalente de nitrato (NO₃) no produto a partir da quantidade de derivado de rabanete usada, segundo Guimarães (2019).

Após o processo de cura, todos os produtos foram cozidos em banho-maria com a temperatura escalonada da seguinte forma: 60 °C/1h; 70 °C/1h; e 80 °C até o centro da peça atingir a temperatura de 71-72 °C (aproximadamente 30 min). Imediatamente após o cozimento, os produtos foram resfriados em banho de água com gelo e mantidos sob refrigeração (4 °C) por 24 horas para posterior análise.

2.1.1 Delineamento experimental

Os tratamentos (cinco formulações) foram dispostos no delineamento inteiramente casualizado (DIC), com duas repetições experimentais. Para verificar o efeito da formação e estabilidade da cor curada, o experimento foi disposto em parcela subdividida, com os tratamentos (cinco formulações) na parcela e os tempos de armazenamento (0; 0,5; 1; 2 e 4h) na sub-parcela; em duas repetições experimentais. Para as análises sensoriais (teste de aceitação e

diferença do controle), utilizou-se o delineamento em blocos casualizados (DBC), em que cada julgador representou um bloco.

2.2 Características físicas e químicas

Os tratamentos foram avaliados, em triplicata, quanto a perda de peso por cozimento (PPC), pH, composição centesimal, nitrito residual (NO₂R), cor instrumental (CIELAB) e estabilidade da cor curada (*fading*).

2.2.1 Perda de peso por cozimento e pH

Para a determinação da perda de peso por cozimento (PPC), os produtos foram desenformados e a embalagem removida, sendo secos em papel absorvente e novamente pesados. A PPC foi calculada pela diferença de peso antes e depois do cozimento e expressa em porcentagem.

Os valores de pH foram determinados pela inserção direta do eletrodo de penetração de um pHmetro digital portátil (modelo HI 99163; Hanna Instruments, Woonsocket, RI, EUA) em três regiões centrais dos produtos.

2.2.2 Composição centesimal e teor de nitrito residual

A composição centesimal foi avaliada seguindo os protocolos da *Association of Official Analytical Chemists* (AOAC, 2012): umidade por secagem a 105 °C, até peso constante (AOAC 950.46B); proteína pelo método de micro-Kjeldahl (AOAC 981.10), considerando-se o fator de conversão de 6,25; extrato etéreo pelo método Soxhlet (AOAC 960.39); e cinzas (AOAC 950.46), após incineração em forno mufla à 550 °C.

O teor de nitrito residual (NO₂R) dos produtos foi analisado por extração aquosa, conforme o protocolo AOAC nº 973.31 (AOAC, 2012), e quantificação segundo Merino (2009), com modificações descritas por Guimaraes (2019).

2.2.3 Formação e estabilidade da cor curada

A avaliação da cor curada dos produtos obtidos e a sua estabilidade durante o armazenamento foi realizada utilizando um colorímetro portátil CM-700 (Kônica Minolta Sensing Inc., Osaka, Japão), com porta de abertura de 8 mm, iluminante D65, ângulo de 10° para o observador e luz especular excluída (SCE). Para tal, uma fatia de 1 cm de espessura de cada tratamento foi obtida, acondicionada em uma bandeja de isopor, embalada com filme permeável ao oxigênio (policloreto de vinila; PVC) e mantida por 4h à temperatura ambiente. A avaliação da cor (nos tempos 0; 0,5; 1; 2 e 4h) foi conduzida repetida no tempo, ou seja, após cada leitura a bandeja foi novamente recoberta com um filme de PVC e mantida até nova análise.

Em cada tempo, cinco leituras foram feitas na superfície das amostras, sendo o espectro de reflectância (360 a 740 nm) registrado e os índices de cor obtidos no sistema CIELAB (L^* = luminosidade; a^* = índice de vermelho; e b^* = índice de amarelo). A cor foi expressa no espaço CIELAB, e as coordenadas angulares saturação (C^*) e ângulo de tonalidade (h , graus) foram calculadas usando as seguintes equações (Ramos & Gomide, 2017): $C^* = (a^{*2} + b^{*2})^{0,5}$; e $h = \tan^{-1} (b^*/a^*)$. A perda da cor curada (*fading*) foi determinada pelo índice de cor curada, utilizando a razão das reflectâncias a 650 e 570 nm (R650/570nm), conforme sugerido por AMSA (2012).

2.3 Análises sensoriais

Para avaliação da percepção do consumidor, foram realizados três testes sensoriais: teste de aceitação; teste descritivo *Check-All-That-Apply* (CATA); e teste de diferença do controle. A aprovação das questões éticas foi obtida pelo Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos da UFLA (CAAE: 83986118.6.0000.5148) e os voluntários assinaram o Termo de Consentimento Livre Esclarecido (TCLE).

2.3.1 CATA e teste de aceitação

Os testes CATA e de aceitação foram realizados em conjunto, conforme metodologia descrita por Jorge et al. (2015), com pequenas modificações. O levantamento dos atributos CATA foi definido por meio de um grupo de foco, com participação de 15 consumidores de apresuntado não treinados, que identificaram 21 atributos, agrupados por aparência, aroma, sabor e textura (Tabela 2).

Tabela 2. Lista dos atributos utilizados na análise CATA para caracterização dos apresuntados.

Aparência	Aroma	Sabor	Textura
Rosada	Carne	Gosto salgado	Macia
Pontos amarelados	Apresuntado	Gosto ácido	Suculenta
Uniforme	Cozido	Gosto amargo	Firme
Superfície brilhante	Não característico	Sabor residual	Quebradiça
Pálida		Sabor de apresuntado	Borrachenta
		Sabor não característico	Arenosa

Para condução dos testes sensoriais, 108 julgadores não-treinados foram recrutados aleatoriamente na UFLA, incluindo docentes, estudantes de graduação e pós-graduação, sendo 62% do sexo feminino e 38% do sexo masculino, com idade entre 18 a 60 anos. Dos julgadores, 51% relataram o consumo de diário a 1 ou 2 vezes por semana de apresuntado, 27% pelo menos 2 vezes ao mês e 22% pelo menos 1 vez ao mês.

Fatias de apresetado de 1,0 cm de espessura foram obtidas, embaladas a vácuo (embalagem de náilon-polietileno), identificadas e estocadas sob refrigeração (4 °C). Para garantir a padronização quanto aos julgamentos dos atributos, principalmente a cor, as embalagens foram abertas no momento da análise, sendo as amostras cortadas em formato quadrado de cerca de 5 g e imediatamente servida aos julgadores.

Os testes sensoriais foram realizados em uma única sessão conduzidos em cabines individuais, com iluminação adequada sob luz branca. Os julgadores avaliaram as cinco amostras de apresetados referentes aos tratamentos codificadas em ordem balanceadas e de forma monádica. Foi fornecido água para limpeza das papilas gustativas entre as avaliações.

Antes de iniciarem a análise, os provadores foram instruídos à leitura dos atributos e, após experimentar as amostras, solicitados a marcar os atributos (Tabela 2) presentes na ficha CATA que fossem apropriados para descrever cada amostra. Os julgadores foram orientados que não existia um número fixo de atributos a serem selecionados, podendo marcar um ou mais conforme sua opinião em relação às amostras (Varela & Ares, 2012). Juntamente com o teste CATA, o provador também foi solicitado a avaliar o quanto gostaram ou desgostaram das amostras (teste de aceitação) para os atributos de aparência, aroma, sabor, textura e aspecto global, utilizando uma escala hedônica estruturada de 9 pontos (1 = desgostei extremamente a 9 = gostei extremamente).

2.3.2 Teste de diferença do controle

O teste de diferença do controle foi realizado para comparar a coloração das amostras em relação à uma amostra referência (padrão), segundo Dutcosky (2013).

Para a condução do teste sensorial, 87 julgadores não-treinados foram recrutados aleatoriamente na UFLA, incluindo docentes, estudantes de graduação e pós-graduação, sendo 70% do sexo feminino e 30% do sexo masculino, com idade entre 18 a 60 anos. Dos julgadores, 70% relataram o consumo de diário a pelo menos 2 vezes ao mês e 30% pelo menos 1 vez ao mês.

O teste sensorial foi realizado em uma única sessão conduzido em cabines individuais, com iluminação adequada sob luz branca e os julgadores avaliaram as cinco amostras codificadas em ordem balanceadas. Os apresetados foram cortados em formato retangular (3 cm de comprimento x 5 cm de largura) com espessura de 1 cm, embalados à vácuo e mantidos sob refrigeração (4 °C) para evitar a oxidação das amostras até o momento da análise. Os julgadores receberam uma amostra padrão (especificada com a letra P), que referia-se ao apresetado com 150 mg/kg de nitrito de sódio, e foram solicitados a comparar e avaliar o grau de diferença da coloração entre as amostras codificadas e à amostra padrão (P), utilizando uma escala estruturada de 7 pontos (0 = nenhuma diferença do padrão e 6 = diferença muito grande do padrão).

2.4 Análises estatísticas

Os dados das análises físicas, químicas e sensoriais de aceitação e de diferença do controle foram avaliados por meio de análise de variância (ANOVA), considerando um nível de significância de 5%. As médias das análises tecnológicas e do teste de aceitação foram comparadas pelo teste de Tukey, enquanto no teste de diferença do controle as médias dos tratamentos foram comparadas ao padrão pelo teste de Dunnett. Estas análises foram realizadas utilizando o programa estatístico Statistica® 8.0 (StatSoft, Poland).

Para análise dos dados do CATA, determinou-se a frequência de citação de cada atributo para cada amostra, pela contagem do número de vezes que cada termo foi usado pelos consumidores denominada matriz de contingência, a partir da qual verificou-se diferenças significativas para cada atributo entre as amostras por meio do teste Q de Cochran (Meyners, Castura, & Carr, 2013). A análise de correspondência (CA) foi calculada sobre a matriz de contingência para os atributos que apresentaram diferenças significativas pelo teste Q de Cochran, a fim de obter o mapa sensorial das amostras em relação aos atributos. Estas análises foram realizadas utilizando o pacote SensoMineR para análise de dados sensoriais (Le & Husson, 2008) com o programa estatístico R versão 3.5.2.

3. Resultados e Discussão

3.1 Características físicas e químicas

Na Tabela 3 são descritas a composição centesimal e as características físicas e químicas dos apresuntados elaborados com os derivados de rabanete e com diferentes teores de nitrito de sódio.

Em relação à composição centesimal dos apresuntados elaborados, não foi detectada nenhuma diferença ($P > 0,05$) entre os tratamentos, com os produtos tendo em média $73,40 \pm 1,49\%$ de umidade, $17,44 \pm 0,99\%$ de proteína, $4,86 \pm 1,14\%$ de gordura e $3,21 \pm 0,07\%$ de cinzas. Desta forma, todas as amostras elaboradas atenderam ao Padrão de Identidade e Qualidade para Apresuntados da legislação brasileira (Brasil, 2000), que estabelece valores máximos de 75% de umidade e 12% de gordura e mínimo de 13% de proteína. Estes resultados corroboram com a observação de que adição de agentes naturais de cura em baixas quantidades, geralmente, não afeta a composição de produtos curados cozidos, como em presuntos cozidos (Sindelar et al., 2007a), ou mesmo em produtos emulsionados (Djeri & Williams, 2014; Terns, Milkowski, Rankin, & Sindelar, 2011) e fermentados (Sucu & Turp, 2018).

Também não foi verificado nenhum efeito ($P > 0,05$) dos tratamentos para a perda de peso durante o cozimento (PPC) ou para os valores de pH dos produtos elaborados. Os valores médios de PPC ($8,27 \pm 1,61\%$) encontrados são maiores do que os valores (3,17 a 4,25%) comumente observados em apresuntados (Alves, Marques, Carvalho, Pinheiro, Ramos, & Corrêa, 2017; Dutra, Cardoso, Ramos, Ramos, Pinheiro, & Fontes, 2012; Paula, Haddad, Rodrigues,

Benevenuto Jr., Ramos, & Ramos, 2019). Esta maior perda, no entanto, se justifica pela não utilização de ingredientes que favorecem a capacidade de retenção de água do produto, minimizando a perda de exsudado ao longo do processamento térmico, como o uso de misturas de fosfatos, aditivo que não pode ser adicionado em produtos “naturais” ou “orgânicos”, e, ou, ingredientes extensores, como isolados proteicos e hidrocolóides (fécula/amido).

Tabela 3. Médias (\pm desvio-padrão) das características físicas e químicas dos apresuntados elaborados com diferentes concentrações de nitrito de sódio e com os derivados de rabanete.

Característica	AN150	AN40	ARP	AEA	AEP
Umidade (%)	73,41 \pm 2,68	73,28 \pm 0,99	73,44 \pm 1,78	73,29 \pm 1,83	73,56 \pm 2,25
Proteína (%)	17,76 \pm 1,54	17,65 \pm 0,83	17,16 \pm 1,13	17,65 \pm 1,14	16,96 \pm 1,5
Gordura (%)	5,13 \pm 1,95	5,20 \pm 1,38	4,61 \pm 1,34	4,61 \pm 0,72	4,73 \pm 1,74
Cinzas (%)	3,14 \pm 0,07	3,22 \pm 0,12	3,22 \pm 0,01	3,25 \pm 0,05	3,23 \pm 0,07
PPC (%)	8,35 \pm 0,68	8,88 \pm 1,98	8,08 \pm 2,26	8,39 \pm 2,61	7,64 \pm 2,29
pH	6,31 \pm 0,11	6,23 \pm 0,13	6,20 \pm 0,17	6,25 \pm 0,20	6,24 \pm 0,16
NO ₂ R (mg/kg)	35,23 \pm 5,01 ^a	5,09 \pm 1,05 ^c	10,98 \pm 1,01 ^b	11,00 \pm 0,76 ^b	9,83 \pm 0,99 ^b

PPC = perda de peso por cozimento; e NO₂R = nitrito residual.

Tratamentos: AN150 = 150 mg/kg de nitrito; AN40 = 40 mg/kg de nitrito; ARP = 0,5% de extrato em pó de rabanete; AEA = 3,0% de extrato aquoso de rabanete; AEP = 0,5% de extrato em pó do resíduo de rabanete.

^{a-c}Médias seguidas de letras distintas, na linha, diferem ($P < 0,05$) pelo teste de Tukey.

Apesar da não adição de ingredientes como misturas de polifosfatos alcalinos que elevam e estabilizam o pH da massa cárnea, os valores médios de pH (6,22 \pm 0,12) encontrados nos produtos são condizentes com os valores (6,00 a 6,35) relatados para apresuntados (Alves et al., 2017; Paula et al., 2019). Além disso, a ausência de efeito nos valores de pH dos produtos adicionados dos agentes naturais de cura é importante, uma vez que demonstra que estes não foram afetados pelos baixos valores de pH (4,94 a 5,12) dos derivados de rabanete (Guimaraes, 2019) e que não houve uma alta fermentação dos produtos durante o tempo de incubação pela cultura de *Staphylococcus carnosus* adicionada.

Os estudos encontrados na literatura em relação aos efeitos da adição de agentes naturais sobre os valores de pH são conflitantes. Em presuntos cozidos adicionados de extrato de aipo em pó (0,20 e 0,35%) e cultura nitrato-redutora, Sindelar et al. (2007a) observaram que maiores tempos de incubação (120 min a 40,6 °C) implicaram em menores valores de pH, mas estes não diferiram do tratamento controle (200 mg/kg de nitrito). Avaliando tratamentos similares em presunto cozido, adicionado de 0,3% aipo em pó e cultura nitrato-redutora, com tempo de incubação de 2h (42 °C), Jackson, Kulchaiyawat, Sullivan, Sebranek, and Dickson (2011) observaram valores mais altos de pH que o controle (156 mg/kg de nitrito). Um aumento nos valores de pH também foi observado por Horsch et al. (2014), em presuntos cozidos adicionados

de 0,7% de aipo em pó, e por Jin, Choi, Moon, Jeong, and Kim (2014), ao avaliarem o uso de 0,5 a 1,0% de pó de beterraba em salsichas. Outros autores não observaram efeito do uso (0,2 a 0,8%) de extratos de aipo em pó em salsichas (Jin et al., 2018; Sindelar et al., 2007b), enquanto Riel et al. (2017) relataram menores valores de pH em mortadelas adicionadas (0,1 a 0,4%) de pó do extrato de salsa e cultura nitrato-redutora e submetidas a um período de 90 min (40 °C) de incubação antes do cozimento.

Os valores de nitrito residual (NO₂R) diferiram ($P < 0,05$) entre os tratamentos, sendo maior nos produtos curados tradicionalmente (com nitrito de sódio) (Tabela 3). Os tratamentos com os agentes naturais de cura não diferiram entre si e, apesar de neste experimento a quantidade dos derivados de rabanete utilizada ter sido 2 a 3 vezes menores do que a usada por Guimaraes (2019) em apresuntados, os valores médios de NO₂R ($10,60 \pm 1,20$ mg/kg) foram similares aos valores (9,77 a 14,08 mg/kg) observados por estes autores para um tempo de incubação de 120 min a 40 °C. Isto se deve ao tempo prolongado (1h e 50 min) para que a massa cárnea atingisse a temperatura interna de 40 °C nas formas, além dos 30 min de incubação à 40 °C, totalizando 2h e 20 min, o que contribuiu para que houvesse maior tempo para a atuação das bactérias nitrato-redutoras e, conseqüentemente, maior conversão de nitrato a nitrito. O tempo de incubação é um fator determinante para o teor de nitrito residual, sendo maiores valores observados em maiores tempos de incubação (Guimaraes, 2019; Sindelar et al., 2007b).

Segundo Sindelar et al. (2007a), o aquecimento lento, escalonado, durante o processamento térmico de produtos cárneos de grande diâmetro, como o presunto cozido, pode fornecer tempo e temperaturas suficientes para a atuação da cultura nitrato-redutora, com conversão de nitrato suficiente para permitir resultados comparáveis a longos tempos de incubação. Estes autores observaram maiores valores de NO₂R (63,4 mg/kg) no presunto cozido controle (adicionado de 200 mg/kg de nitrito) do que nos tratamentos adicionados de 0,20 e 0,35% de extrato em pó de aipo (19,3 a 36,0 mg/kg).

A detecção analítica do teor de nitrito residual não revela a quantidade de nitrito e, ou, nitrato adicionado, uma vez que, o nitrito pode reagir com os componentes da matriz alimentar, sendo esta interação influenciada pelo tipo de carne processada, as condições de processamento, presença de antioxidantes (ascorbato de sódio), entre outros interferentes (mioglobina, lipídios) (Sucu & Turp, 2018). Além disso, é importante considerar que além do tempo de incubação, inúmeros outros fatores podem definir o conteúdo de NO₂R, podendo citar: a quantidade de nitrato presente e o tipo do extrato vegetal utilizado; a quantidade de extrato aplicado no produto cárneo; o tipo (cominuído, emulsionado, fermentado, etc.) de produto cárneo analisado; a temperatura de incubação; o tempo e forma de cozimento; entre outros.

3.2 Formação e estabilidade da cor curada

Dos índices de cor, apenas a saturação (C^*) e o ângulo de tonalidade (h) foram afetados ($P < 0,05$) pelos tratamentos (Tabela 4).

Tabela 4. Médias (\pm desvio-padrão) dos índices de cor dos apresetados elaborados com diferentes concentrações de nitrito de sódio e com os derivados de rabanete.

Índice	AN150	AN40	ARP	AEA	AEP
Luminosidade (L^*)	60,86 \pm 5,56	61,19 \pm 3,59	60,57 \pm 4,06	61,04 \pm 3,89	61,51 \pm 4,42
Índice de vermelho (a^*)	10,02 \pm 2,15	9,21 \pm 1,62	9,95 \pm 0,9	9,42 \pm 0,67	9,25 \pm 1,20
Índice de amarelo (b^*)	9,15 \pm 0,34	9,59 \pm 0,01	11,44 \pm 0,16	9,63 \pm 0,3	9,72 \pm 0,01
Saturação (C^*)	13,6 \pm 1,82 ^b	13,32 \pm 1,12 ^b	15,17 \pm 0,71 ^a	13,48 \pm 0,69 ^b	13,43 \pm 0,83 ^b
Ângulo de tonalidade (h)	42,73 \pm 3,62 ^b	46,37 \pm 3,57 ^a	49,04 \pm 1,52 ^a	45,67 \pm 0,83 ^{ab}	46,54 \pm 2,59 ^a
Cor curada (R650/570nm)	2,25 \pm 0,39	2,14 \pm 0,25	2,17 \pm 0,18	2,16 \pm 0,16	2,11 \pm 0,23

Tratamentos: AN150 = 150 mg/kg de nitrito; AN40 = 40 mg/kg de nitrito; ARP = 0,5% de rabanete em pó; AEA = 3,0% de extrato aquoso de rabanete; AEP = 0,5% de extrato em pó do resíduo de rabanete.

^{a-b}Médias seguidas de letras distintas, na linha, diferem ($P < 0,05$) pelo teste de Tukey.

O valor médio da luminosidade (L^*) observado nas amostras foi de $61,03 \pm 3,26$. Guimaraes (2019) observou que produtos curados cozidos elaborados com extratos aquoso (EA) e em pó do resíduo (EP) de rabanetes eram ligeiramente mais escuros (menores valores de L^*) do que os produtos curados cozidos elaborados com o rabanete em pó (RP) ou com nitrito de sódio (150 mg/kg).

De forma geral, as formulações contendo os derivados de rabanete não diferiram quanto à tonalidade (h), mas diferiram quanto à saturação (C^*), no qual, os apresuntados (ARP) adicionados de rabanete em pó apresentaram uma intensidade de cor maior (maiores valores de C^*) do que as demais. Isso condiz com a maior intensidade de cor amarela observada por Guimaraes (2019) no rabanete em pó (RP). Em relação às formulações adicionadas de nitrito, aquelas contendo os agentes naturais de cura apresentaram uma tonalidade similar aos produtos adicionados de 40 mg/kg de nitrito (AN40). Entretanto, a formulação adicionada de 150 mg/kg de nitrito (AN150) apresentou menor valor de h , sendo estatisticamente igual apenas às formulações adicionadas do extrato aquoso de rabanete (AEA). Dutra et al. (2017) relataram que adições crescentes de nitrito em mortadela até a concentração de 150 mg/kg implicaram em menores valores de h , correspondendo a um produto com matiz mais avermelhada devido a formação do pigmento nitroso hemocromo (de cor rósea). Guimaraes (2019) também observou valores de h (46,61) bem menores em produtos curados cozidos com 150 mg/kg de nitrito, quando comparado com os produtos não-curados ($h = 75,76$).

Apesar das diferenças observadas nos índices de cor, especialmente na tonalidade, os resultados do presente estudo parecem indicar uma formação satisfatória da cor curada em todos produtos. Isto é reforçado pela observação de ausência de efeito ($P > 0,05$) dos tratamentos no índice de cor curada (razão R650/570 nm), com as formulações apresentando valores médios iguais a $2,17 \pm 0,19$. Segundo AMSA (2012), valores da razão R650/570 nm entre 1,7 e 2,0 representam amostras cárneas com cor curada considerada perceptível, embora valores entre 2,2 e 2,6 sejam necessários para se considerar a cor curada como excelente.

Quanto a estabilidade da cor curada, não foi verificado efeito ($P > 0,05$) da interação entre os tratamentos e o tempo de armazenamento para nenhum dos índices de cor dos apresuntados. Além disso, a luminosidade (L^*) dos produtos elaborados não foi afetada ($P > 0,05$) por nenhum dos fatores isolados. Em presuntos cozidos, Sindelar et al. (2007a) e Horsch et al. (2014) também observaram que os valores de L^* de presuntos cozidos elaborados com nitrito ou com agentes naturais de cura (aipo em pó) permaneceram estáveis durante o armazenamento refrigerado (4 °C), sob vácuo, por 35 e 90 dias, respectivamente.

As coordenadas índice de vermelho (a^*) e índice de amarelo (b^*) da cor dos apresuntados foram afetadas apenas pelo tempo de armazenamento, sendo decompostas e representadas na Figura 1. Observa-se que os valores de a^* das amostras reduziram ($P < 0,05$) até a primeira hora de armazenamento, enquanto os valores de b^* aumentaram constantemente ($P < 0,05$), o que indicaria uma mudança de cor independente da utilização do nitrito de sódio ou dos agentes naturais de cura.

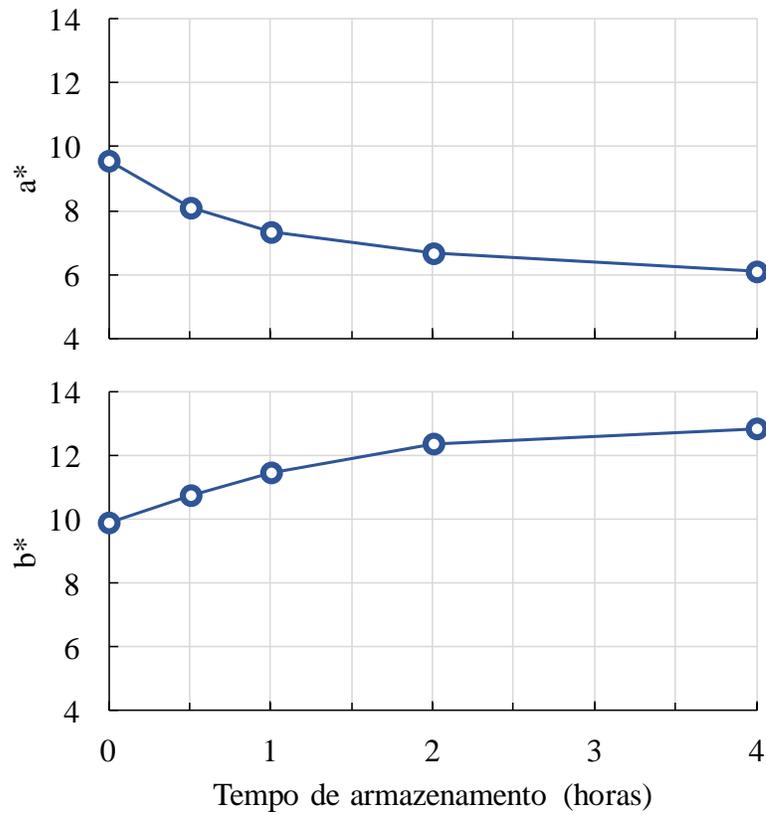


Figura 1. Valores médios dos índices de vermelho (a^*) e de amarelo (b^*) dos apresuntados durante o tempo de armazenamento à temperatura ambiente em embalagens com filme de PVC.

Embora uma quantidade mínima de nitrito seja suficiente para desenvolver uma cor curada em produtos cárneos, uma quantidade entre 10 e 15 mg/kg é necessária para evitar a cura não uniforme e preservar a cor rósea durante a vida útil do produto (Sindelar & Milkowski, 2012). Com o armazenamento prologando, os níveis residuais de nitrito em produtos cárneos curados diminuem gradualmente, devido à descoloração (perda da cor curada ou *fading*) induzida pela oxidação durante o período de armazenamento. Esta oxidação é acelerada na presença de luz e oxigênio, uma vez que o pigmento nitroso hemocromo, característico de produtos curados cozidos, é fotossensível. Primeiramente ocorre a dissociação do óxido nítrico da molécula de mioglobina acelerado pela luz, seguida de sua imediata oxidação pelo oxigênio, resultando em uma aparência castanho-amarronzada nos produtos. A perda da cor curada também pode ocorrer na ausência de luz e oxigênio, como no interior do produto ou em embalagens a vácuo, embora neste caso a taxa de descoloração seja extremamente lenta.

Assim, no presente experimento, a estabilidade da cor curada dos produtos elaborados foi avaliada em embalagens permeáveis ao oxigênio mantidas a temperatura ambiente, de forma a acelerar o processo de oxidação dos pigmentos formados. Segundo Colmenero, Carballo, Fernández, Cofrades, and Cortés (1997), a perda da cor curada resulta na redução dos valores de a^* e aumento dos valores de b^* , o que condiz com as mudanças observadas na Figura 1 durante o

tempo de armazenamento. Entretanto, os valores de a^* e b^* são os índices de cromaticidade da amostra que juntos descrevem as coordenadas angulares para a saturação (C^*) e a tonalidade (h) da cor, ou seja, a cor dos produtos cárneos vai depender de como as duas coordenadas de cromaticidade são afetadas pelos tratamentos (Ramos & Gomide, 2017). Assim, o uso das coordenadas polares (sistema CIELAB) permite avaliar de forma mais precisa as mudanças na cor de produtos cárneos.

Mudanças nos valores de h e do índice de cor curada também foram observadas com o tempo de armazenamento (Figura 2). O ângulo de tonalidade dos produtos aumentou ao decorrer do tempo de armazenamento, indicando uma descoloração dos produtos para uma matiz menos vermelha e mais acastanhada. Da mesma forma, o índice de cor curada reduz de valores em que a cor curada é considerada perceptível ($R_{650/570nm}$ maior que 1,7), para valores que indicam uma descoloração moderada ($R_{650/570nm} \sim 1,6$) (AMSA, 2012).

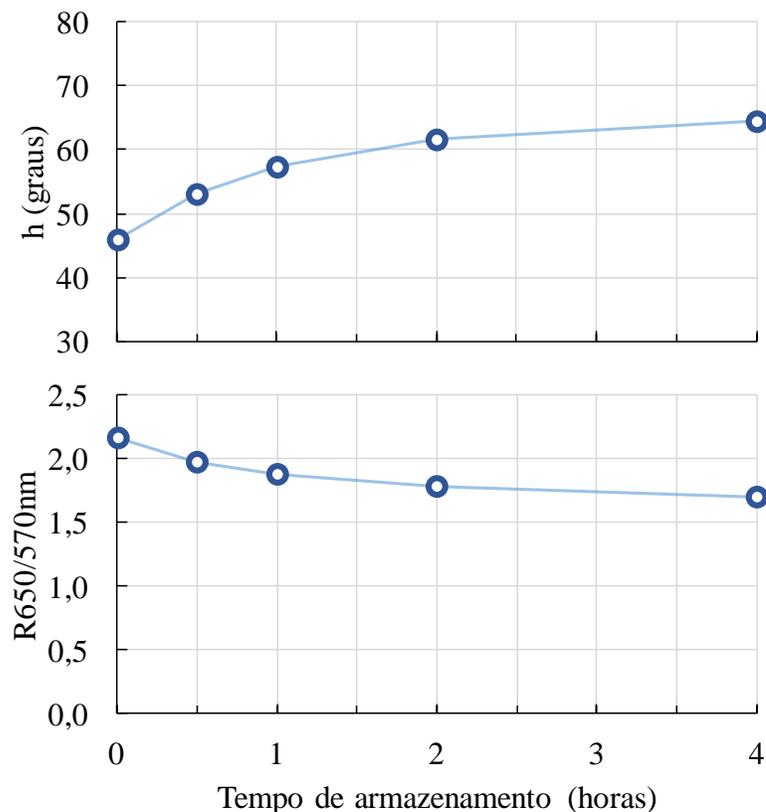


Figura 2. Valores médios do ângulo de tonalidade (h) e do índice de cor curada ($R_{650/570nm}$) dos apresentados durante o tempo de armazenamento à temperatura ambiente em embalagens com filme de PVC.

Assim, o uso dos derivados de rabanete em substituição ao nitrito não afetou a estabilidade da cor curada dos apresentados durante o tempo de armazenamento. Além disso, apesar de não terem sido utilizados no presente estudo, o uso de ácido ascórbico também poderia

auxiliar na estabilização da cor ao decorrer do armazenamento por atuar como agente redutor, acelerando as reações de cura. Fontes naturais como os extratos de cereja, acerola e o suco de limão, têm sido sugeridas como agentes aceleradores de cura em produtos cárneos (Posthuma et al., 2018; Sebranek & Bacus, 2007; Terns et al., 2011).

Sindelar et al. (2007a) também não observaram diferenças nos índices de cor entre os presuntos cozidos elaborados com aipo em pó e o controle (adicionado de nitrito), durante o armazenamento (4 °C) a vácuo por até 90 dias. Entretanto, neste período houve uma descoloração dos produtos, averiguados pela redução na razão R650/570nm e no índice de vermelho (a^*) e, concomitantemente, aumento nos índices de amarelo (b^*).

3.3 Avaliação sensorial

3.3.1 CATA e teste de aceitação

Não houve diferença significativa ($P < 0,05$) para 14 características dos atributos avaliados, não contribuindo para discriminar as amostras de apresuntados. Os consumidores perceberam ($P < 0,05$) diferenças em sete características sensoriais das formulações avaliadas, selecionando-as de maneira distintas, sendo três características do atributo aparência (rosada; pontos amarelados; e superfície brilhante), duas do aroma (de apresuntado; e não característico) e duas do sabor (de apresuntado; e não característico). Nenhum atributo de textura foi significativo ($P > 0,05$). Um gráfico de análise de correspondência (Figura 3) foi gerado com os sete atributos significativos para discriminar as formulações.

A primeira e a segunda dimensão do gráfico de correspondência do CATA representaram 95,94% da variabilidade dos dados experimentais (Figura 3). Pode-se verificar que os atributos de sabor, aroma e aparência foram relevantes para descreverem as amostras e que os atributos que caracterizam contrastes aparecem em direções opostas, tais como o sabor e o aroma “de apresuntado” e “não característico”.

Os consumidores foram capazes de detectar diferenças sensoriais nos apresuntados elaborados com os derivados de rabanete em relação aos elaborados com os sais de cura convencionais, sendo as amostras separadas ao longo da primeira dimensão em dois grupos: 1) apresuntados elaborados com diferentes concentrações de nitrito de sódio (AN150 e AN40), que se caracterizaram pela aparência rosada, superfície brilhante e sabor e aroma de apresuntado; e 2) apresuntados elaborados com os derivados de rabanete (ARP, AEP e AEA), descritos pelos atributos de sabor e aroma não característicos e aparência com pontos amarelados.

Entre os apresuntados adicionados dos derivados em pó, o atributo de aparência de pontos amarelados foi citado com maior frequência, primeiramente para o ARP, elaborado com o rabanete em pó (RP), seguido do AEP, elaborado com o extrato em pó do resíduo de rabanete (EP). Assim, os consumidores foram capazes de perceber os pequenos grânulos dos derivados de rabanete dispersados nos produtos. A maior percepção nos apresuntados ARP se justifica pelo fato do RP apresentar grânulos mais grosseiros do que o EP. Além disso, conforme observado por

Guimaraes (2019), apesar de ambos os derivados de rabanete possuírem coloração amarelada (h entre 71,64 e 80,42), o RP era mais escuro ($L^* = 61,8$) e com maior intensidade de cor ($C^* = 32,16$) do que o EP ($L^* = 78,06$ e $C^* = 21,77$). Todavia, nota-se que os consumidores foram capazes de perceberem diferenças na aparência que na análise instrumental de cor foram menos conclusivas, visto que, os índices ângulo de tonalidade (h) dos apresuntados com derivados de rabanete não diferiram dos adicionados de 40 mg/kg de nitrito e saturação (C^*) foi maior apenas no apresuntado ARP (Tabela 4).

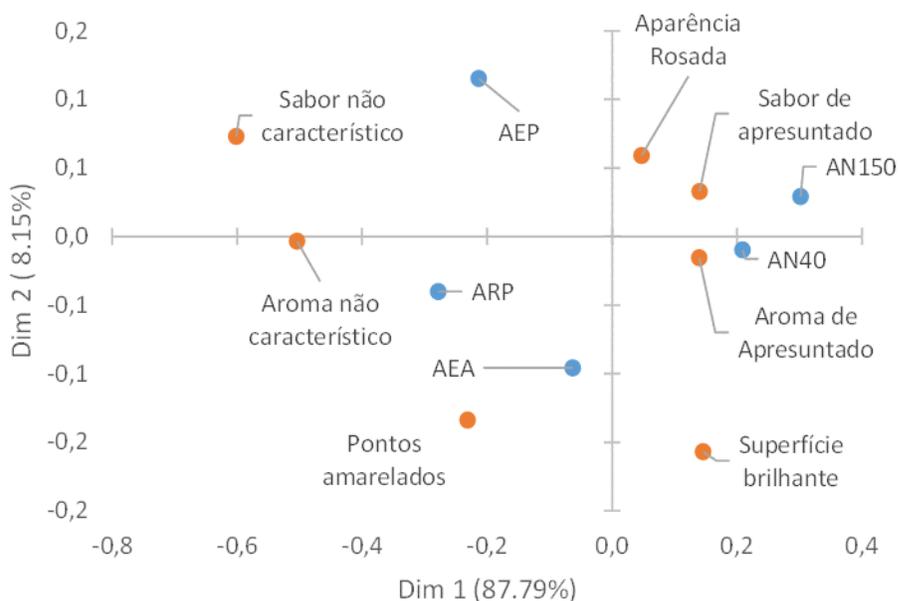


Figura 3. Representação dos atributos e das formulações de apresuntados elaborados com diferentes concentrações de nitrito de sódio e com os agentes naturais de cura, obtida por meio da análise de correspondência dos dados do CATA. Tratamentos: AN150 = 150 mg/kg de nitrito; AN40 = 40 mg/kg de nitrito; ARP = 0,5% de rabanete em pó; AEA = 3,0% de extrato aquoso de rabanete; AEP = 0,5% de extrato em pó do resíduo de rabanete.

Em relação aos atributos de aroma e sabor não característicos percebidos nas amostras contendo os derivados de rabanete (especialmente os em pó), pode ser devido à presença de quantidades consideráveis de metabólicos secundários (glucosinolatos e compostos fenólicos), que estão diretamente relacionados às características sensoriais de sabor, gosto e aroma (Jahangir et al., 2009). Os glucosinolatos, em especial, são responsáveis pelo sabor e odor caracterizados como pungente ou picante, desagradável, devido ao fato da presença do grupo sulfato na estrutura química que estabelece um caráter ácido e amargo marcante (Coogan et al., 2001; Drewnowski & Gomez-Carneros, 2000).

Na Tabela 5 estão apresentados os resultados para o teste de aceitação quanto à aparência, aroma, sabor, textura e aspecto global. Os apresuntados elaborados com nitrito de sódio e os

derivados de rabanete apresentaram diferenças significativas ($P < 0,05$) nas notas hedônicas em relação a todos atributos avaliados.

Tabela 5. Médias (\pm desvio-padrão) das notas¹ para aceitação dos atributos sensoriais dos apresentados elaborados com diferentes concentrações de nitrito de sódio e com os derivados de rabanete.

Atributo	AN150	AN40	ARP	AEA	AEP
Aparência	6,95 \pm 1,51 ^a	6,82 \pm 1,58 ^{ab}	6,48 \pm 1,57 ^b	6,51 \pm 1,74 ^{ab}	6,61 \pm 1,48 ^{ab}
Aroma	7,06 \pm 1,58 ^a	6,66 \pm 1,41 ^{ab}	6,14 \pm 1,69 ^{cd}	6,38 \pm 1,66 ^{bc}	5,63 \pm 2,01 ^d
Sabor	7,18 \pm 1,35 ^a	6,52 \pm 1,71 ^b	6,29 \pm 1,70 ^b	6,24 \pm 1,75 ^b	6,02 \pm 1,84 ^b
Textura	7,30 \pm 1,40 ^a	7,18 \pm 1,32 ^{ab}	6,77 \pm 1,64 ^b	6,73 \pm 1,73 ^b	6,81 \pm 1,64 ^b
Impressão global	7,19 \pm 1,28 ^a	6,87 \pm 1,36 ^{ab}	6,45 \pm 1,40 ^{bc}	6,49 \pm 1,54 ^{bc}	6,33 \pm 1,66 ^c

Tratamentos: AN150 = 150 mg/kg de nitrito; AN40 = 40 mg/kg de nitrito; ARP = 0,5% de rabanete em pó; AEA = 3,0% de extrato aquoso de rabanete; AEP = 0,5% de extrato em pó do resíduo de rabanete.

¹Notas de 1 (desgostei extremamente) a 9 (gostei extremamente).

^{a-d}Médias seguidas de letras distintas, na linha, diferem ($P < 0,05$) pelo teste de Tukey.

Quanto a aparência, os apresentados foram bem aceitos sensorialmente pelos consumidores com notas entre “gostei ligeiramente (6)” e “gostei moderadamente (7)”, mas o apresentado (ARP) contendo o RP foi menos ($P < 0,05$) aceito que o controle contendo 150 mg/kg de nitrito, embora não tenha diferido ($P > 0,05$) dos demais. Menor aceitação para a amostra ARP pode ser atribuída à percepção de pontos amarelados no produto, conforme observado no CATA (Figura 3). Destaca-se que não houve diferença na aceitação dos apresentados adicionados de 40 e 150 mg/kg de nitrito de sódio quanto a aparência.

Em relação ao aroma, os apresentados elaborados com os derivados de rabanete em pó (ARP e AEP) foram menos preferidos pelos consumidores que os produtos adicionados de nitrito (AN150 e AN40). Já a apresentado AEA, adicionado do EA, teve uma aceitação similar aos produtos adicionados de 40 mg/kg de nitrito. Estas diferenças condizem com a percepção de um aroma não característico observado no CATA (Figura 3) e está relacionada aos compostos aromáticos presentes nos derivados de rabanete, conforme discutido.

Da mesma forma que observada para a aparência, não houve diferença na aceitação dos apresentados adicionados de 40 e 150 mg/kg de nitrito de sódio quanto ao aroma. Segundo Muller (1991), concentrações de 20 a 50 mg/kg de nitrito são necessários para se obter o aroma e sabor característico de produtos curados. No entanto, neste experimento, o sabor curado não foi similar nos produtos contendo 40 e 150 mg/kg de nitrito, sendo menos preferido as amostras adicionadas de menor quantidade deste aditivo. Além disso, apresentados com os derivados de rabanete não diferiram entre si ou da amostra AN40, apresentando notas satisfatórios entre “gostei ligeiramente (6)” e “gostei moderadamente (7)”. No entanto, estas notas diferem da caracterização no CATA de que as amostras com os derivados de rabanete possuem sabor “não

característico” quando comparado com a amostra AN40, associado ao sabor “de apresuntado” (Figura 3).

Quanto ao atributo de textura, os apresuntados adicionado dos derivados de rabanete foram bem aceitos e de preferência semelhante ao tratamento AN40. Já a adição de 40 ou 150 mg/kg de nitrito não influenciou a percepção sensorial da textura dos produtos.

Com relação à impressão global as notas ficaram entre “gostei ligeiramente (6)” e “gostei moderadamente (7)” e os apresuntados com nitrito de sódio (AN150 e AN40) foram estatisticamente iguais e receberam as melhores pontuações no teste, sendo os mais preferidos pelos consumidores. Porém, destaca-se que os apresuntados ARP e AEA, elaborados com o RP e o EA, obtiveram notas de preferência iguais ao apresuntado com 40 mg/kg de nitrito. Além disso, assim como para o atributo aroma, o apresuntado AEP foi menos aceito que as amostras AN40, embora não tenha havido diferença significativa nas notas dos apresuntados adicionados dos derivados de rabanete quanto a impressão global.

Djeri and Williams (2014) verificaram que o teste de aceitação revelou que os consumidores preferiram os produtos que continham a menor quantidade de suco de aipo em pó (0,20%) e suco de aipo em pó (0,20%) mais suco de cereja em pó (0,20%), sendo que os escores do teste de aceitabilidade para os tratamentos variaram de “nem gostei nem desgostei” a “gostei ligeiramente”. Além disso, a medida que houve o aumento da concentração de suco de aipo em pó, os provadores detectaram uma “textura borrachenta” mais intensa, “sabor residual/distinto” e descoloração “cinza/marrom” e ao serem solicitados a descrever o sabor residual, aproximadamente 25% dos participantes relataram um sabor residual “vegetal ou amadeirado”.

Sindelar et al. (2007a) também verificaram que à medida que se aumenta o teor do suco vegetal de aipo em pó de 0,20% para 0,35% em presunto, o aroma e o sabor característicos de presunto diminuíram, enquanto o aroma e o sabor de vegetais aumentaram, sendo que os tratamentos com baixo nível do suco vegetal de aipo em pó (0,20%) foram comparáveis a um controle com 200 mg/kg de nitrito de sódio para todos os atributos sensoriais.

Jin et al. (2018) ao avaliarem os efeitos de diferentes agentes naturais de cura nas propriedades sensoriais de salsicha observaram que o tratamento com 0,04% de páprica em pó e 0,03% de mirtilo em pó obteve pontuação significativamente melhor que os demais tratamentos, possivelmente pelo fato destes agentes naturais terem conferido um cor, aroma e sabor favoráveis e que o tratamento com 0,8% de aipo em pó também não teve efeitos negativos nas características sensoriais, demonstrando resultados semelhantes ao controle com 0,01% de nitrito de sódio.

3.3.2 Teste de diferença do controle

Quando avaliados quanto a cor curada, os apresuntados elaborados com os derivados de rabanete e com 40 mg/kg de nitrito diferiram ($P < 0,05$) do apresuntado adicionado com quantidades de nitrito (150 mg/kg) tradicionalmente utilizadas (Tabela 6). Essa diferença, no entanto, ficou entre uma diferença “muito ligeira” (nota 1) e “moderada” (nota 3), apesar de perceptível.

Tabela 6. Médias (\pm desvio-padrão) das notas da cor dos apresuntados elaborados com derivados de rabanete e com 40 mg/kg de nitrito em relação ao apresuntado padrão (elaborado com 150 mg/kg de nitrito).

Tratamentos	Médias
AN150	0,64 \pm 1,04 ^P
AN40	1,15 \pm 1,15*
ARP	2,23 \pm 1,35*
AEA	1,86 \pm 1,41*
AEP	2,32 \pm 1,44*

Tratamentos: AN150 = 150 mg/kg de nitrito; AN40 = 40 mg/kg de nitrito; ARP = 0,5% de rabanete em pó; AEA = 3,0% de extrato aquoso de rabanete; AEP = 0,5% de extrato em pó do resíduo de rabanete.

^P Tratamento padrão: apresuntado elaborado com 150 mg/kg de nitrito (N150).

*Médias diferem ($P < 0,05$) em relação ao padrão.

Os resultados obtidos no presente estudo demonstram que apesar do processo de cura ter ocorrido nos apresuntados elaborados com os derivados de rabanete, a cor curada característica não foi completamente alcançada, devido a interferência da coloração amarelada dos agentes naturais de cura. Os produtos adicionados de 40 mg/kg de nitrito também não produziram uma cor curada característica (Tabela 6). Isto não condiz com a observação de que uma adição de 30 a 50 mg/Kg de nitrito é suficiente para se obter a coloração característica de produtos cárneos curados (Muller, 1991; Sebranek & Bacus, 2007). Por outro lado, apesar da percepção de diferença de cor, os consumidores aceitaram de forma similar as aparências das amostras contendo nitrito (AN40 e AN150) e os extratos EA e EP (apresuntados AEA e AEP, respectivamente) (Tabela 5).

Sindelar et al. (2007a) ao avaliarem a intensidade de cor de presuntos elaborados com diferentes concentrações de suco de aipo em pó (0,20 e 0,35%) utilizando uma escala com graduação de 0 a 15, onde 0 representou nenhuma intensidade de cor e 15 cor intensa, observaram que não houve diferenças na intensidade da cor entre os tratamentos com aipo e o controle com 200 mg/kg de nitrito de sódio, variando de 7,53 a 8,63.

4. Conclusão

Os apresuntados contendo os derivados de rabanete foram comparáveis aos contendo nitrito de sódio, quanto a composição centesimal e pH, diferindo apenas quanto ao teor de nitrito residual. Quanto a cor instrumental, as amostras com derivados de rabanete apresentaram uma tonalidade similar aos produtos de 40 mg/kg de nitrito (AN40), mas aqueles adicionados de extrato aquoso de rabanete (AEA) tiveram uma tonalidade igual aos produtos adicionados de 150 mg/kg de nitrito (AN150). Além disso, o uso dos derivados de rabanete não afetou a estabilidade da cor curada durante o tempo de armazenamento.

Os consumidores foram capazes de detectar diferenças na cor curada dos apresuntados elaborados com os agentes naturais de cura em relação à amostra AN150. Entretanto a aceitação quanto a aparência foi similar entre os tratamentos, exceto para as amostras com extrato de rabanete em pó (ARP) em que as notas foram inferiores a AN150. De forma geral, os consumidores perceberam um aroma e sabor não característicos nas amostras elaboradas com os derivados de rabanete, mas as amostras AEA tiveram aceitação semelhante às amostras AN40 para todos os atributos sensoriais.

Foi confirmado um potencial de uso dos derivados de rabanete, em especial o extrato aquoso, como substitutos do aditivo nitrito de sódio, sendo uma estratégia promissora impulsionada pela busca e preferência dos consumidores por produtos mais saudáveis. No entanto, a utilização de menores quantidades destes agentes naturais de cura e, ou, ausência de incubação e o uso de agentes aceleradores de cura podem contribuir para obtenção de melhores resultados sensoriais.

5. Referências

- Alves, A. P. d. C., Marques, T. R., Carvalho, T. C. L. d., Pinheiro, A. C. M., Ramos, E. M., & Corrêa, A. D. (2017). Elaboration and acceptability of restructured hams added with jabuticaba skin. *Food Science and Technology*, 37, 232-238.
- AMSA. (2012). *Meat Color Evaluation Guide*. Champaign, IL: American Meat Science Association (AMSA).
- AOAC. (2012). *Official methods of analysis of AOAC International* (19th ed.). Gaithersburg, MD: Association of Official Analytical Chemists.
- Bosa, G. (2018). Mercado orgânico deve gerar R\$ 4 bilhões em 2018. In N° 1103 11.01 ed.): ISTOÉ Dinheiro.
- Brasil. (2000). Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), Secretaria de Defesa Agropecuária (SDA), Instrução Normativa no. 20, 31 de julho de 2000, Aprova os Regulamentos Técnicos de Identidade e Qualidade de Almôndega, de Apresuntado, de Fiambre, de Hambúrguer, de Kibe, de Presunto Cozido e de Presunto. *Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil*, Brasília.
- Choi, Y. S., Kim, T. K., Jeon, K. H., Park, J. D., Kim, H. W., Hwang, K. E., & Kim, Y. B. (2017). Effects of pre-converted nitrite from red beet and ascorbic acid on quality characteristics in meat emulsions. *Korean J Food Sci Anim Resour*, 37(2), 288-296. <https://doi.org/10.5851/kosfa.2017.37.2.288>
- Colmenero, F. J., Carballo, J., Fernández, P., Cofrades, S., & Cortés, E. (1997). Retail chilled display storage of high- and reduced-fat sliced bologna. *Journal of Food Protection*, 60(9), 1099-1104. <https://doi.org/10.4315/0362-028x-60.9.1099>
- Coogan, R. C., Wills, R. B. H., & Nguyen, V. Q. (2001). Pungency levels of white radish (*Raphanus sativus* L.) grown in different seasons in Australia. *Food Chemistry*, 72(1), 1-3. [https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(00\)00164-3](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(00)00164-3)

- De Nicola, G. R., Bagatta, M., Pagnotta, E., Angelino, D., Gennari, L., Ninfali, P., Rollin, P., & Iori, R. (2013). Comparison of bioactive phytochemical content and release of isothiocyanates in selected brassica sprouts. *Food Chemistry*, *141*(1), 297-303. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.02.102>
- Djeri, N., & Williams, S. K. (2014). Celery Juice Powder Used as Nitrite Substitute in Sliced Vacuum-Packaged Turkey Bologna Stored at 4C for 10 Weeks Under Retail Display Light. *Journal of Food Quality*, *37*(5), 361-370. <https://doi.org/10.1111/jfq.12102>
- Drewnowski, A., & Gomez-Carneros, C. (2000). Bitter taste, phytonutrients, and the consumer: a review. *Am J Clin Nutr*, *72*(6), 1424-1435. <https://doi.org/10.1093/ajcn/72.6.1424>
- Dutcosky, S. D. (2013). *Análise sensorial de alimentos* (4^a ed.). Curitiba: Champagnat.
- Dutra, M. P., Aleixo, G. C., Ramos, A. L. S., Silva, M. H. L., Pereira, M. T., Piccoli, R. H., & Ramos, E. M. (2016). Use of gamma radiation on control of *Clostridium botulinum* in mortadella formulated with different nitrite levels. *Radiation Physics and Chemistry*, *119*, 125-129. <https://doi.org/10.1016/j.radphyschem.2015.10.008>
- Dutra, M. P., Cardoso, G. P., Fontes, P. R., Silva, D. R. G., Pereira, M. T., Ramos, A. d. L. S., & Ramos, E. M. (2017). Combined effects of gamma radiation doses and sodium nitrite content on the lipid oxidation and color of mortadella. *Food Chemistry*, *237*(1), 232-239. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.05.108>
- Dutra, M. P., Cardoso, G. P., Ramos, E. M., Ramos, A. L. S., Pinheiro, A. C. M., & Fontes, P. R. (2012). Technological and sensory quality of restructured low-fat cooked ham containing liquid whey. *Ciência e Agrotecnologia*, *36*, 86-92. <https://doi.org/10.1590/S1413-70542012000100011>
- Guimaraes, A. S. (2019). Caracterização de agentes de cura naturais obtidos de rabanete japonês (*Raphanus sativus* L.) para uso na elaboração de apresentados. (*Artigo 01*).
- Horsch, A. M., Sebranek, J. G., Dickson, J. S., Niebuhr, S. E., Larson, E. M., Lavieri, N. A., Ruther, B. L., & Wilson, L. A. (2014). The effect of pH and nitrite concentration on the antimicrobial impact of celery juice concentrate compared with conventional sodium nitrite on *Listeria monocytogenes*. *Meat Science*, *96*(1), 400-407. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2013.07.036>
- Jackson, A. L., Kulchayawat, C., Sullivan, G. A., Sebranek, J. G., & Dickson, J. S. (2011). Use of natural ingredients to control growth of *Clostridium perfringens* in naturally cured frankfurters and hams. *Journal of Food Protection*, *74*(3), 417-424. <https://doi.org/10.4315/0362-028x.jfp-10-365>
- Jahangir, M., Kim, H. K., Choi, Y. H., & Verpoorte, R. (2009). Health-affecting compounds in Brassicaceae. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, *8*(2), 31-43. <https://doi.org/10.1111/j.1541-4337.2008.00065.x>
- Jin, S.-K., Choi, J.-S., Moon, S.-S., Jeong, J.-Y., & Kim, G.-D. (2014). The Assessment of Red Beet as a Natural Colorant, and Evaluation of Quality Properties of Emulsified Pork Sausage Containing Red Beet Powder during Cold Storage. *Korean J Food Sci Anim Resour*, *34*(4), 472-481. <https://doi.org/10.5851/kosfa.2014.34.4.472>

- Jin, S.-K., Choi, J. S., Yang, H.-S., Park, T.-S., & Yim, D.-G. (2018). Natural curing agents as nitrite alternatives and their effects on the physicochemical, microbiological properties and sensory evaluation of sausages during storage. *Meat Science*, *146*, 34-40. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2018.07.032>
- Jorge, E. C., Mendes, A. C. G., Auriema, B. E., Cazedey, H. P., Fontes, P. R., Ramos, A. L. S., & Ramos, E. M. (2015). Application of a check-all-that-apply question for evaluating and characterizing meat products. *Meat Science*, *100*, 124-133. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2014.10.002>
- Kim, T. K., Kim, Y. B., Jeon, K. H., Park, J. D., Sung, J. M., Choi, H. W., Hwang, K. E., & Choi, Y. S. (2017). Effect of fermented spinach as sources of pre-converted nitrite on color development of cured pork loin. *Korean J Food Sci Anim Resour*, *37*(1), 105-113. <https://doi.org/10.5851/kosfa.2017.37.1.105>
- Lana, M. M., & Tavares, S. A. (2010). *50 Hortaliças: como comprar, conservar e consumir* (2ª ed.). Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica.
- Le, S., & Husson, F. (2008). Sensominer: a package for sensory data analysis. *Journal of Sensory Studies*, *23*(1), 14-25. <https://doi.org/10.1111/j.1745-459X.2007.00137.x>
- Merino, L. (2009). Development and Validation of a Method for Determination of Residual Nitrite/Nitrate in Foodstuffs and Water After Zinc Reduction. *Food Analytical Methods*, *2*(3), 212-220. <https://doi.org/10.1007/s12161-008-9052-1>
- Meyners, M., Castura, J. C., & Carr, B. T. (2013). Existing and new approaches for the analysis of CATA data. *Food Quality and Preference*, *30*(2), 309-319. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2013.06.010>
- Muller, W. D. (1991). Curing and smoking: are they healthier processes today than used to be? . *Fleischwirtschaft*, *71*(1), 61-65.
- Paula, M. M. O., Haddad, G. B. S., Rodrigues, L. M., Benevenuto Jr., A. A., Ramos, A. L., & Ramos, E. M. (2019). Effects of PSE meat and salt concentration on the technological and sensory characteristics of restructured cooked hams. *Meat Science*, *152*, 96-103. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2019.02.020>
- Posthuma, J. A., Rasmussen, F. D., & Sullivan, G. A. (2018). Effects of nitrite source, reducing compounds, and holding time on cured color development in a cured meat model system. *LWT - Food Science and Technology*, *95*, 47-50. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.04.040>
- Ramos, E. M., & Gomide, L. A. M. (2017). *Avaliação da Qualidade de Carnes: Fundamentos e Metodologias* (2a ed.). Viçosa: Editora UFV.
- Riel, G., Boulaaba, A., Popp, J., & Klein, G. (2017). 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*, *131*, 166-175. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2017.05.007>

- Sebranek, J. G., & Bacus, J. N. (2007). Cured meat products without direct addition of nitrate or nitrite: what are the issues? *Meat Science*, 77(1), 136-147. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2007.03.025>
- Sindelar, J. J., Cordray, J. C., Sebranek, J. G., Love, J. A., & Ahn, D. U. (2007a). Effects of varying levels of vegetable juice powder and incubation time on color, residual nitrate and nitrite, pigment, pH, and trained sensory attributes of ready-to-eat uncured ham. *Journal of Food Science*, 72(6), S388-S395. <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2007.00404.x>
- Sindelar, J. J., Cordray, J. C., Sebranek, J. G., Love, J. A., & Ahn, D. U. (2007b). Effects of vegetable juice powder concentration and storage time on some chemical and sensory quality attributes of uncured, emulsified cooked sausages. *Journal of Food Science*, 72(5), S324-S332. <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2007.00369.x>
- Sindelar, J. J., & Milkowski, A. L. (2012). Human safety controversies surrounding nitrate and nitrite in the diet. *Nitric Oxide*, 26(4), 259-266. <https://doi.org/10.1016/j.niox.2012.03.011>
- Sucu, C., & Turp, G. Y. (2018). The investigation of the use of beetroot powder in Turkish fermented beef sausage (sucuk) as nitrite alternative. *Meat Science*, 140, 158-166. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2018.03.012>
- Terns, M. J., Milkowski, A. L., Rankin, S. A., & Sindelar, J. J. (2011). Determining the impact of varying levels of cherry powder and starter culture on quality and sensory attributes of indirectly cured, emulsified cooked sausages. *Meat Science*, 88(2), 311-318. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2011.01.009>
- Varela, P., & Ares, G. (2012). Sensory profiling, the blurred line between sensory and consumer science. A review of novel methods for product characterization. *Food Research International*, 48(2), 893-908. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2012.06.037>

Material suplementar

Tabela S1. Tabela de contingência para os apresentados elaborados com diferentes concentrações de nitrito de sódio e com os derivados de rabanete.

Atributos/características	AN150	AN40	ARP	AEA	AEP	Valor-P¹
Aparência						
Rosada	80	78	60	65	74	0,003
Pontos amarelados	19	18	34	28	22	0,012
Uniforme	33	28	24	24	30	0,417
Superfície brilhante	22	25	15	25	13	0,046
Pálida	36	32	45	35	36	0,294
Aroma						
De carne	26	18	23	19	26	0,363
De apesuntado	76	76	51	59	51	<0,001
Cozido	26	25	34	31	25	0,297
Não característico	5	11	26	21	26	<0,001
Sabor						
Gosto salgado	41	40	40	41	39	0,997
Gosto ácido	4	12	12	13	11	0,098
Gosto amargo	3	12	10	10	12	0,105
Sabor residual	19	27	22	28	23	0,476
Sabor de apesuntado	84	68	51	56	55	<0,001
Sabor não característico	4	7	25	16	25	<0,001
Textura						
Macia	55	54	46	45	55	0,285
Suculenta	39	37	31	30	25	0,109
Firme	53	44	51	55	51	0,492
Quebradiça	3	3	9	6	3	0,171
Borrachenta	10	19	19	21	18	0,188
Arenosa	2	0	3	1	2	0,446

Tratamentos: AN150 = 150 mg/kg de nitrito; AN40 = 40 mg/kg de nitrito; ARP = 0,5% de rabanete em pó; AEA = 3,0% de extrato aquoso de rabanete; AEP = 0,5% de extrato em pó do resíduo de rabanete.

¹ Probabilidade significativa ($P < 0,05$) pelo teste Q de Cochran foram colocadas em negrito.

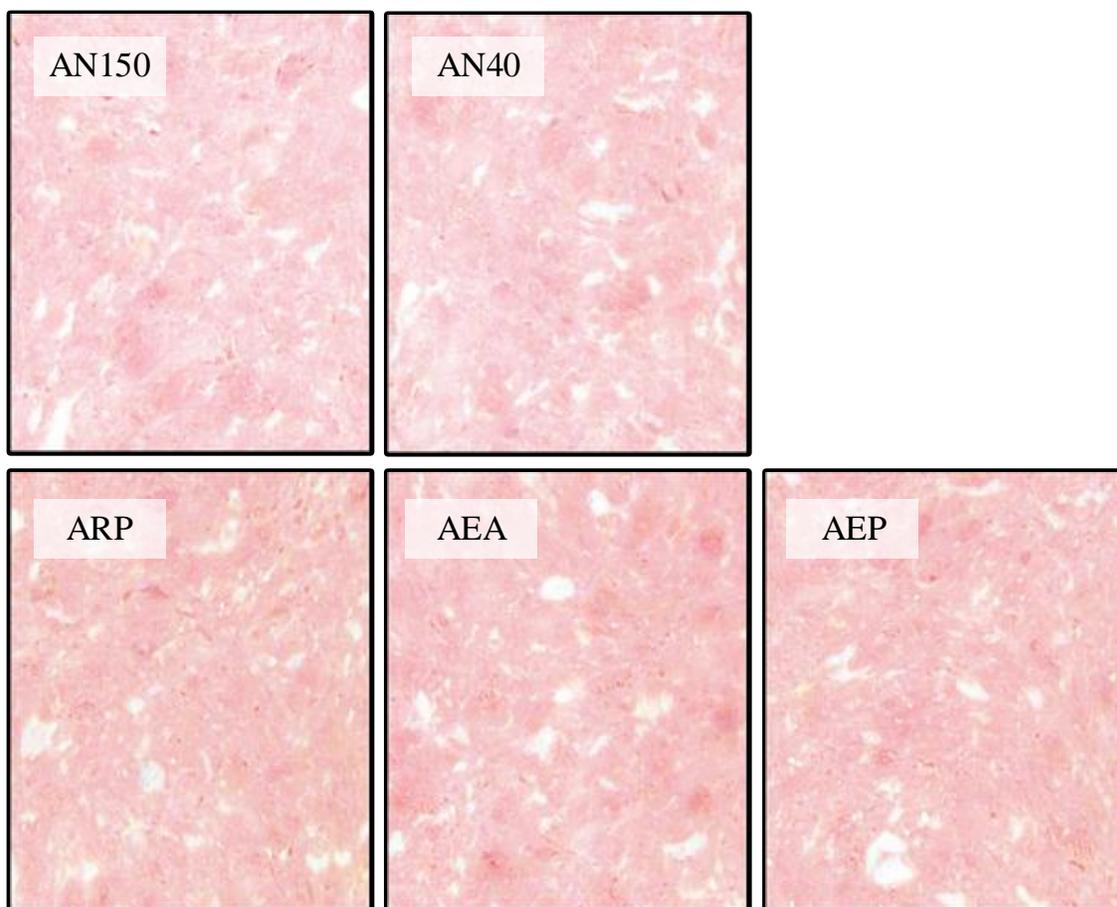


Figura S1. Fotografias dos apresentados elaborados com nitrito de sódio e com os derivados de rabanete: AN150 = 150 mg/kg de nitrito; AN40 = 40 mg/kg de nitrito; ARP = 0,5% de rabanete em pó; AEA = 3,0% de extrato aquoso de rabanete; AEP = 0,5% de extrato em pó do resíduo de rabanete.