

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

PAULO HENRIQUE SOARES SILVA

**AVALIAÇÃO DA ATIVIDADE ANTIOXIDANTE DO ÓLEO VOLÁTIL DE NOZ-MOSCADA
(*Myristica fragrans*) APLICADO EM COPA SUÍNA**

FRANCISCO BELTRÃO

2023

PAULO HENRIQUE SOARES SILVA

**AVALIAÇÃO DA ATIVIDADE ANTIOXIDANTE DO ÓLEO VOLÁTIL DE NOZ-MOSCADA
(*Myristica fragrans*) APLICADO EM COPA SUÍNA**

Evaluation of the volatile nutmeg oil (*Myristica fragrans*) antioxidant activity in pork coppa

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação apresentado como requisito para obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Alimentos da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Orientadora: Irede Angela Lucini Dalmolin.

Coorientadora: Cleusa Inês Weber.

FRANCISCO BELTRÃO

2023



Esta licença permite compartilhamento, remixe, adaptação e criação a partir do trabalho, mesmo para fins comerciais, desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es). Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.

PAULO HENRIQUE SOARES SILVA

**AVALIAÇÃO DA ATIVIDADE ANTIOXIDANTE DO ÓLEO VOLÁTIL DE NOZ-MOSCADA
(*Myristica fragrans*) APLICADO EM COPA SUÍNA**

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação apresentado como requisito para obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Alimentos da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Data de aprovação: 12/dezembro/2023

Irede Angela Lucini Dalmolin
Doutorado
Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR

Luciano Lucchetta
Doutorado
Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR

Camila da Rosa Vanin
Mestrado
Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR

“A Folha de Aprovação assinada encontra-se na Coordenação do Curso”

FRANCISCO BELTRÃO

2023

Com imensa gratidão, dedico este trabalho à minha família, reservando uma homenagem especial à minha eterna avó, Tereza Alves dos Santos. A ela, expresso profundo reconhecimento pelo inestimável amor, sabedoria e compreensão que sempre me proporcionou. Este trabalho é dedicado em sua honra, como um tributo à sua influência positiva em minha vida.

AGRADECIMENTOS

Quero expressar minha gratidão pelas inúmeras oportunidades que a vida me proporcionou, permitindo-me transformar cada momento em um desafio valioso e enriquecedor.

Em primeiro lugar, quero expressar minha profunda gratidão à minha família, especialmente aos meus pais, Edson e Marlúcia. Seus incansáveis esforços em assegurar meu bem-estar e educação estabeleceram a base crucial para minha transformação e para as oportunidades que desfruto hoje. Quero, também, estender meus agradecimentos às minhas irmãs pelo constante amor, carinho e momentos de diversão que compartilhamos.

Este trabalho é dedicado à memória da minha avó Tereza, cuja partida durante minha jornada acadêmica deixou uma lacuna significativa. Além de ser um notável exemplo de pessoa, ela desempenhou um papel fundamental em minha formação, transmitindo não apenas conhecimento, mas também uma sabedoria inestimável e valores essenciais para a vida.

Expresso meu profundo agradecimento a todos que estiveram ao meu redor ao longo dos anos de graduação e, em particular, durante a elaboração deste estudo. Um agradecimento especial vai para os professores, em especial às minhas orientadoras, Prof. Dra. Irede, Prof. Dra. Cleusa e Prof. Dra. Alessandra cujo apoio e ensinamentos foram fundamentais para o sucesso deste trabalho. Não posso deixar de mencionar as integrantes dos Laboratórios da Coexp, que contribuíram significativamente com testes, colaboração nas análises e conselhos preciosos.

Além disso, quero expressar meu amor, gratidão e parceria aos meus amigos e companheiros, Ágatha, Lucas e Mateus. A colaboração e o apoio de vocês foram elementos essenciais para o êxito desta empreitada.

Por fim, estendo minha gratidão a todos que contribuíram para este trabalho e à Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Agradeço pela oferta de ensino público, gratuito e de qualidade. Minha gratidão é eterna!

RESUMO

O crescimento notável no desenvolvimento de produtos cárneos saudáveis é impulsionado por investimentos e inovações tecnológicas que aprimoram sua qualidade. A copa suína destaca-se como um produto de alto valor agregado, caracterizado por sua aparência e estrutura cárnea curada, maturada e dessecada, sendo apreciada por seu sabor característico. A qualidade da copa suína é influenciada por diversos fatores, incluindo a composição química da carne, processo de fabricação e condições de armazenamento, sendo a oxidação lipídica um dos principais contribuintes para sua deterioração, resultando em ranço e perda nutricional. Nesse contexto, os antioxidantes desempenham um papel crucial na preservação da qualidade alimentar. A noz-moscada, rica em compostos fenólicos, especialmente a miristicina, foi avaliada neste estudo quanto ao seu potencial antioxidante quando aplicada à copa suína. A extração do óleo volátil foi realizada por hidrodestilação, e sua atividade antioxidante, medida pelo ensaio de DPPH, revelou um IC50 de 0,0725 mg/L, indicando uma forte atividade antioxidante. A copa suína, produzida conforme as especificações da IN 22/2000, foi enriquecida com óleo volátil de noz-moscada em concentrações de 0,10%, 0,15% e 0,20%. O efeito do óleo volátil de noz-moscada foi avaliado pelo método TBARS, e evidenciou a adição do óleo volátil de noz-moscada retardou a oxidação lipídica, apresentando desempenho similar aos antioxidantes comerciais eritorbato de sódio. A avaliação de cor (L^* , a^* e b^*) demonstrou que o óleo volátil de noz-moscada atuou na manutenção da cor da copa. Esses achados destacam o potencial promissor da noz-moscada para melhorar a estabilidade e a qualidade da copa suína, proporcionando uma abordagem inovadora que combina tradição e tecnologia de produção.

Palavras-chave: óleo volátil, noz-moscada, antioxidante, copa suína.

ABSTRACT

The extraordinary growth in the healthy meat products development driven by investments and technological innovations that improve their quality. Pork coppa stands out as a product with high added value. Characterized by its appearance and structure of cured, matured and dried meat, being appreciated for its characteristic flavor. The quality of pork coppa is influenced by several factors, including the chemical composition of the crude meat, manufacturing process and storage conditions. Lipid oxidation being one of the main contributors to its variations, resulting in rancidity and nutritional loss. In this context, antioxidants play a crucial role in food quality preservation. Nutmeg, rich in phenolic compounds, especially myristicin, was evaluated in this study as antioxidant potential when applied to pork coppa. The volatile oil was obtained by hydrodistillation, and its antioxidant activity was measured by the DPPH assay, revealed an IC₅₀ of 0.0725 mg/L, establishing a strong antioxidant activity. The pork coppa, produced according to IN 22/2000 specifications, was enriched with volatile nutmeg oil in concentrations of 0.10%, 0.15% and 0.20%. The effect of volatile nutmeg oil was evaluated by the TBARS method, and it was shown that the addition of volatile nutmeg oil delayed lipid oxidation, presenting similar performance to the commercial antioxidants sodium erythorbate. The color evaluation (L*, a* and b*) demonstrated that the volatile nutmeg oil worked to maintain the color of the pork coppa. These results highlight the promising potential of nutmeg to improve pork products stability and quality, providing an innovative approach that combines tradition and production technology.

Keywords: volatile oil, nutmeg, antioxidant, pork coppa.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Moinho de facas tipo willye Star FT 50.....	24
Figura 2 – Aparelho de Clevenger utilizado para extrações do óleo volátil de noz-moscada.....	25
Figura 3 – Peças com peso médio de 1kg prontas para início da preparação das copas.....	27
Figura 4 – Fluxograma do processo de produção das peças de copa suína.....	28
Figura 5 – Copas em processo de defumação.....	30
Figura 6 – Óleo volátil de noz-moscada obtido.....	33
Figura 7 – Copa Fatiada após 35 dias de maturação.....	37

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – IC ₅₀ valor da noz-moscada com extrato graduado.....	26
Tabela 2 – Nível de potência antioxidante baseado no valor de IC ₅₀	26
Tabela 3 – Formulações da copa suína com eritorbado de sódio e/ ou óleo volátil de noz-moscada.....	27
Tabela 4 – Controle da porcentagem de desidratação no decorrer do processo.....	35
Tabela 5 - Parâmetros de cor da copa suína nos períodos de 30, 45, e 60 dias.....	39
Tabela 6 - Oxidação lipídica nas formulações de copa suína adicionadas de óleo volátil em 30, 45, e 60 dias	41

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
2 OBJETIVOS	13
2.1 Objetivo geral	13
2.2 Objetivos específicos	13
3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	14
3.1 Segurança dos alimentos	14
3.2 Aditivos alimentares	15
3.3 Oxidação em Produtos Cárneos	15
3.3 Copa Suína	17
3.3.1 Requisitos básicos para produção de copa suína	18
3.5 Antioxidantes Naturais	19
3.6 Noz-Moscada (<i>Myristica fragrans</i>)	20
3.6.1 Óleo Volátil de Noz-Moscada	21
3.7 Hidrodestilação de Clevenger	22
4 MATERIAL E MÉTODOS	24
4.1 Extração de óleo por hidrodestilação Clevenger	24
4.1.1 Avaliação atividade antioxidante	25
4.2 Produção da copa suína	26
4.2.1 Seleção da matéria-prima	26
4.2.2 Mistura dos condimentos	28
4.2.3 Adição Óleo Volátil	28
4.2.4 Cura	29
4.2.5 Embutimento	29
4.2.6 Defumação	30
4.2.7 Maturação	30
4.3 Análises Físico-químicas	31
4.3.1 Determinação de pH	31
4.3.2 Cor	31
4.3.3 Análise estatística	31
4.4 Análise de oxidação lipídica	32
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	33
5.1 Extração de óleo volátil de noz-moscada	33
5.2 Atividade Antioxidante DPPH	34
5.3 Copa Suína	35
5.4 Análise de Cor	37

5.5 Oxidação lipídica TBARS	40
6 CONCLUSÃO.....	44
REFERÊNCIAS.....	45

1 INTRODUÇÃO

Produtos cárneos e seus derivados são excelentes fontes de proteína de alta qualidade, minerais e vitaminas do complexo B, sendo então os alimentos importantes para a dieta humana. Possuem alto valor biológico e são produtos perecíveis, devido à composição química e ao alto teor de atividade de água. Possuem, portanto, alto risco a presença de microrganismos patogênicos e de substâncias tóxicas (Oliveira *et al.*, 2012).

A obtenção de produtos derivados da carne envolve a utilização de carne fresca que passa por um ou mais processos, tais como cozimento, salga, defumação e adição de condimentos. Esses processos têm o objetivo direto de alterar as características dos produtos, a fim de prolongar a vida útil do produto, armazenamento e conservação. Um dos principais obstáculos enfrentados pela indústria é a deterioração e a oxidação em produtos cárneos, que ocorrem devido às altas concentrações de lipídios insaturados, pigmentos heme, catalisadores de metal e agentes oxidantes presentes no tecido muscular (Oliveira *et al.*, 2012).

A oxidação dos alimentos pode levar a alterações no sabor, cor, valor nutricional e textura, bem como à formação de compostos tóxicos. Os compostos antioxidantes são alternativas utilizadas pela indústria nas mais importantes tecnologias de conservação de alimentos com função principal de prevenir a deterioração dos alimentos induzida pela oxidação, permitindo assim uma vida útil mais longa dos produtos (Barros; Ferreira 2022).

Nos últimos anos, houve um crescente interesse em utilizar antioxidantes naturais como aditivos alimentares para prevenir a deterioração oxidativa dos alimentos. Isso se deve, em parte, à preocupação com os possíveis riscos que o excesso de aditivos sintéticos pode representar para os consumidores de alimentos processados. Reflete uma necessidade política rigorosa de segurança alimentar. Importantes órgãos governamentais como a *European Food Safety Authority* (EFSA) e a *Food and Drug Administration* (FDA) legislam e supervisionam a aprovação e a regulamentação de novos aditivos com uso preferencialmente em alimentos processados. No Brasil, a responsabilidade fica a cargo da ANVISA - Agência Nacional de Vigilância Sanitária (BRASI, 2019).

Os antioxidantes naturais são compostos fenólicos encontrados em todas as partes das plantas e comumente encontrados em todas as fontes vegetais. Algumas plantas também possuem capacidade antioxidante, como por exemplo, a noz-moscada (*Myristica fragrans*), especiaria amplamente utilizada na produção de copa suína. Devido às suas propriedades medicinais benéficas, como a capacidade de beneficiar o sistema cardíaco, aliviar dores de

estômago e auxiliar na eliminação de toxinas do fígado, a noz-moscada vem ganhando cada vez mais espaço e valor agregado (Agaus; Agaus, 2019).

Cientistas têm se concentrado na pesquisa de alternativas, como plantas, para desenvolver alimentos condimentados e medicinais. Assim, a extração de óleos essenciais de plantas com propriedades antioxidantes é particularmente atraente, pois eles desempenham um papel importante na indústria de alimentos, combatendo a deterioração e aumentando a vida útil dos produtos, visando sua conservação (Nikolic *et al.*, 2021).

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Avaliar o potencial antioxidante do extrato do óleo volátil de noz-moscada aplicado em copa suína.

2.2 Objetivos específicos

- a) Extrair o óleo volátil de noz-moscada (*Myristica fragrans*);
- b) Produzir a copa suína com adição do óleo volátil de noz-moscada;
- c) Avaliar a atividade antioxidante do óleo volátil de noz-moscada na copa suína, por meio da oxidação lipídica;
- d) Comparar o potencial do aditivo natural frente aos antioxidantes comercialmente utilizados.

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1 Segurança dos alimentos

A segurança dos alimentos, conforme estabelecido pelo *Codex Alimentarius*, abrange a garantia de que o consumo do alimento não resultará em danos à saúde do consumidor, por meio de precauções durante a etapa final de ingestão (Codex Alimentarius, 2006). Por outro lado, a qualidade está relacionada à capacidade das empresas de assegurar e padronizar a integridade do produto de acordo com as especificações dos compradores e das agências reguladoras (Moura Junior; Okada, 2019).

As intoxicações alimentares não apenas geram desconfiança por parte dos consumidores, mas também acarretam prejuízos financeiros para as indústrias alimentícias. Por essa razão, as empresas buscam implementar sistemas de garantia de qualidade, visando satisfazer os clientes e aprimorar a qualidade dos produtos oferecidos (Feitosa *et al.*, 2022). É importante destacar que a toxinfecção alimentar constitui um grave problema de saúde pública, originado pela falta de cuidados desde o plantio até o consumo dos alimentos (Pandolfi; Moreira; Teixeira, 2020).

Os aditivos químicos estão sendo cada vez mais adicionados precocemente e em quantidades elevadas aos alimentos devido às suas múltiplas funções. No entanto, essa prática tem consequências sérias para a saúde, tanto a curto quanto a longo prazo, principalmente para as crianças (Brito; Andrade 2022). Estudos conduzidos por Pereira *et al.* (2015) demonstraram que o uso excessivo desses aditivos pode resultar em toxicidade, representando riscos significativos, especialmente para pessoas alérgicas a essas substâncias.

Apesar da existência de regulamentação pela ANVISA (BRASIL, 1988), há incerteza em relação às quantidades utilizadas pelas indústrias, uma vez que não há obrigação legal de declarar as quantidades presentes nos alimentos, apenas a lista de aditivos utilizados. Mesmo quando os alimentos estão em conformidade com as normas estabelecidas pela ANVISA ou pelo *Codex Alimentarius*, a avaliação da ingestão diária aceitável (IDA) não é realizada, e a toxicidade dessas substâncias a longo prazo, especialmente em crianças, permanece desconhecida (Pereira *et al.*, 2015).

3.2 Aditivos alimentares

Os aditivos alimentares são compostos químicos adicionados a alimentos processados ou bebidas com o objetivo de melhorar suas características sensoriais e atender às demandas da produção, processamento, armazenamento e distribuição dos produtos. Esses aditivos são classificados em 25 categorias, abrangendo uma ampla variedade de compostos com funções específicas, de acordo com as regulamentações e políticas de segurança alimentar de cada país (PEREIRA *et al.*, 2020).

Existem aditivos alimentares de origem natural e sintética. Os aditivos naturais podem ser encontrados naturalmente nos alimentos ou serem extraídos de fontes naturais, enquanto os aditivos sintéticos são produzidos artificialmente Zeece (2020) e são os mais utilizados na indústria devido à sua estabilidade química, facilidade de aplicação e baixo custo. No entanto, nos últimos anos, tem havido uma tendência e desafio na indústria de alimentos de substituir os aditivos sintéticos por substâncias naturais, devido aos riscos de alta toxicidade e problemas alérgicos associados aos aditivos sintéticos.

3.3 Oxidação em Produtos Cárneos

A indústria tem enfrentado desafios de controlar seus níveis e impactos nos alimentos, especialmente durante o processamento, embalagem, armazenamento e distribuição. Em essência, a oxidação ocorre quando os produtos químicos dos alimentos são expostos ao oxigênio presente no ar, resultando na perda de pelo menos um elétron. A oxidação tem sido identificada como a principal causa não microbiológica da deterioração da qualidade dos produtos cárneos durante o processamento, devido à vulnerabilidade dos lipídios e proteínas existentes em produtos cárneos. Os danos oxidativos são decorrentes da rápida depleção dos antioxidantes endógenos após o abate (Ribeiro Santos; Silva; Pereira; Santos; Lannes; Da Silva, 2019).

A oxidação de proteínas é um processo no qual ocorre uma modificação covalentemente por espécies reativas de oxigênio ou por subprodutos secundários do estresse oxidativo. Essa reação acontece na cadeia de radicais livres, assim como a oxidação de lipídios nos músculos (Leão *et al.*, 2017). A oxidação proteica está associada a altas concentrações de pigmentos heme, lipídios oxidáveis, íons de metais de transição e enzimas oxidativas. Quando a carne é exposta à oxidação, isso pode causar danos às proteínas, resultando na formação de

compostos como carbonilas, polímeros de proteínas e cisões peptídicas. A quantidade de carbonilas formadas é um indicador importante de danos às proteínas e é frequentemente utilizado como uma medida de qualidade da carne. Esses danos podem afetar a capacidade da carne de formar géis, emulsionar, se dissolver em líquidos, ter viscosidade e reter água, o que pode ter um impacto significativo na qualidade da carne e seus subprodutos. Estudos anteriores, como os de Lund *et al.* (2011), de Xiong (2000) e de Leão *et al.* (2017) demonstraram a importância desses efeitos sobre a qualidade da carne.

Os lipídios são encontrados nos músculos em várias formas, como componentes de membranas, triacilglicerol entre as fibras musculares, tecido adiposo e hormônios esteróides. Os produtos cárneos são compostos quimicamente instáveis e vulneráveis à oxidação, sobretudo durante o manuseio e o armazenamento após o abate. A estabilidade da cor, a perda de água e o desenvolvimento de ranço oxidativo, que afetam a qualidade sensorial e nutricional dos produtos cárneos, são definidos pela forma e natureza dos lipídios presentes neles. Esses fatores são importantes para a avaliação e controle da qualidade dos produtos cárneos (Leão *et al.*, 2017).

A rancidez oxidativa na carne começa no momento do abate, quando o fluxo sanguíneo é interrompido e os processos metabólicos são bloqueados. Este é um processo complexo onde os ácidos graxos insaturados reagem com o oxigênio molecular formando peróxidos que geram radicais livres. Essa primeira reação é seguida por uma série de reações secundárias, levando à degradação lipídica e formação de produtos de rancidez oxidativa. A oxidação começa com os fosfolipídios presentes nas membranas celulares, que são ricos em ácidos graxos poliinsaturados, tornando-os altamente suscetíveis à oxidação. Componentes naturais encontrados no tecido muscular, como ferro, mioglobina, peróxido de hidrogênio e ácido ascórbico, podem atuar como catalisadores ou promover a formação de espécies reativas de oxigênio, causando oxidação lipídica. Além disso, a oxidação pode ser iniciada por fatores físicos, como radiação e luz. Em sistemas biológicos, os lipídios sofrem oxidação através de três reações principais: foto-oxidação, oxidação enzimática e auto-oxidação (Amaral; Solva; Lannes, 2018).

A oxidação lipídica pode ser influenciada por diversos fatores, como pH e níveis de antioxidantes internos e externos da carne e a presença de pró-oxidantes. A taxa de oxidação é diretamente proporcional à quantidade de insaturações presentes nos ácidos graxos, que definem a cor e estabilidade dos produtos (Leão *et al.*, 2017). Os agentes pró-oxidantes presentes em produtos cárneos podem causar a oxidação da carne, resultando em alterações na cor, sabor e textura. Dentre os exemplos de agentes pró-oxidantes, destacam-se: Ferro: o ferro

é um fator pró-oxidante endógeno que pode ser encontrado naturalmente na carne. Mioglobina: presente na carne, a mioglobina é uma proteína que contém ferro e pode atuar como um pró-oxidante. Oxigênio: o oxigênio é um fator pró-oxidante exógeno que está presente no ambiente onde a carne é armazenada e peróxido de hidrogênio: durante o armazenamento da carne, o peróxido de hidrogênio, um composto químico, pode ser produzido e atuar como um pró-oxidante (Damián-Hernández *et al.*, 2020).

Entretanto, certos compostos químicos possuem a capacidade de agir como pró-oxidantes e antioxidantes, dependendo das circunstâncias em que são empregados. Um exemplo disso são os compostos fenólicos, que podem exercer função antioxidante em determinadas condições, mas atuar como pró-oxidantes em outras (Valenzuela; Perez, 2016). É possível diminuir a velocidade e a extensão da deterioração oxidativa utilizando diferentes métodos, tais como o processo de cura, a utilização de embalagens a vácuo ou em atmosfera modificada e, de forma ainda mais significativa, a adição de antioxidantes, sejam eles sintéticos ou de origem natural (Ahmad *et al.*, 2013).

3.3 Copa Suína

A suinocultura no Brasil tem ganhado espaço na produção nacional e mundial, atualmente ocupando a quarta posição como maior produtor e exportador de carne suína. O consumo *per capita* no país é de 15,3 kg por ano por habitante (ABPA, 2020). No entanto, a carne suína enfrenta problemas em relação à disseminação de informações errôneas sobre doenças cardiovasculares, verminoses e outros, o que resulta na redução do consumo interno (Terçariol *et al.*, 2020).

A carne suína possui uma composição variável, principalmente em relação à quantidade de gordura e proteína, dependendo do corte ou músculo. Os cortes com menos gordura apresentam uma alta quantidade de proteína, além de baixa quantidade de gordura e colesterol, tornando-se uma importante fonte de proteína para a alimentação humana. A carne suína contém aminoácidos essenciais, vitaminas e minerais, tornando-se uma excelente fonte de proteína de alta qualidade biológica. Além disso, é uma fonte adequada de ácidos graxos e vitaminas do complexo B, como a tiamina, vitamina B6, vitamina B12 e vitamina E (Bertol; Figueiredo, 2019).

A qualidade dos produtos de carne suína é subjetiva e pode variar de acordo com as características intrínsecas e extrínsecas. As características intrínsecas incluem a segurança do

alimento, cor, textura, maciez, conteúdo de gordura e aroma, enquanto as extrínsecas são representadas por informações sobre o produto, como data de validade, marca, local de compra, embalagem, preço, origem, bem-estar animal e sustentabilidade da produção (Bertol; Figueiredo, 2019).

De acordo com a norma instrutiva número 22, de 31 de julho de 2000, emitida pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento - MAPA, a copa é um produto industrializado originário da *Charcutaria*, que é obtido a partir do corte do suíno, conhecido como pescoço, sobrepaleta. A elaboração inclui o enriquecimento com ingredientes e condimentos, seguido por processos de maturação, dessecação e, opcionalmente, defumação. A presença de "mofos" durante o processo é considerada uma ocorrência natural (BRASIL, 2000).

3.3.1 Requisitos básicos para produção de copa suína

A copa, um produto curado, maturado e dessecado, encontra-se disponível no mercado em diversas apresentações, como copa em pedaços, fatiada, em cubos, entre outras. A sua composição obrigatória inclui carne suína, sal, sais de nitrito e/ou nitrato de sódio e/ou potássio, sendo expressamente proibida a adição de fosfatos. Adicionalmente, a incorporação de condimentos, especiarias, aromas, açúcares e aditivos intencionais é facultativa, assim como a utilização de coadjuvantes tecnológicos, como culturas iniciadoras "*starters*". É crucial adicionar estes últimos de forma fresca para preservar a qualidade final do produto (BRASIL, 2000). Conforme a IN nº 22/2000, os aditivos e coadjuvantes de tecnologia na elaboração da copa suína devem seguir as diretrizes estabelecidas pela RDC Nº 272, de 14 de março de 2019, que autoriza o uso de aditivos alimentares em carnes e produtos cárneos (BRASIL, 2019).

Quanto ao acondicionamento, a copa deve ser embalada em materiais adequados, adaptados às condições de armazenamento, assegurando proteção contra fatores externos. A validade do produto é de aproximadamente 4 meses em embalagem fechada, armazenada em local fresco e seco, a uma temperatura próxima a 22 °C. No caso de armazenamento em geladeira, entre 4 e 8 °C, a durabilidade é similar, atingindo 4 meses, enquanto uma embalagem aberta, mantida na geladeira, tem uma durabilidade de até 5 dias (BRASIL, 2000).

3.5 Antioxidantes Naturais

A alteração de cor ou oxidação dos alimentos é um processo natural que ocorre devido a reações bioquímicas. Esse processo é influenciado por fatores como luz e temperatura, podendo ser inibido ou acelerado por eles. Em Biologia, substâncias conhecidas como antioxidantes são aquelas que, em pequenas quantidades em relação ao substrato oxidado, têm a capacidade de inibir ou retardar significativamente sua oxidação (Christian Kofo *et al.*, 2023).

A capacidade antioxidante é avaliada por meio de ensaios de atividade de redução de radicais livres, utilizando o teste DPPH, ABTS e FRAP. Os resultados são expressos em termos de um antioxidante conhecido, como trolox, ácido gálico ou ácido ascórbico. A determinação das substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico é expressa em malonaldeído e avalia a resistência lipídica à oxidação na presença do antioxidante. A foto quimioluminescência é outra metodologia utilizada para avaliação antioxidante, a partir da reação de detecção de radicais por quimioluminescência (Rosa; Pinto, 2022).

Para avaliar as mudanças causadas por compostos bioativos ou ingredientes adicionados em produtos cárneos, é comum utilizar a análise de cor por meio de espectrofotômetro e colorímetro. A cor é expressa no sistema L*, a* e b*, sendo que o parâmetro a* é utilizado para avaliar a oxidação. A redução da cor vermelha está diretamente relacionada à qualidade e aceitação do produto pelo consumidor, tornando essa avaliação um importante indicador da preservação da qualidade dos produtos cárneos (Rosa; Pinto, 2022).

Os antioxidantes têm despertado um interesse crescente ao longo do tempo devido ao seu papel protetor em alimentos e produtos farmacêuticos contra agentes oxidantes. Essas substâncias são capazes de prolongar a vida útil dos alimentos, protegendo-os da deterioração causada pela oxidação, especialmente em relação a alterações de cor e ranço de gordura. De fato, a oxidação pode levar ao aparecimento de gotículas indesejáveis na matriz alimentar, assim como a formação de compostos voláteis resultantes da oxidação de ácidos graxos poli-insaturados. Os antioxidantes têm a capacidade de limitar as reações de oxidação, que envolvem principalmente reações em cadeia de radicais, sendo um mecanismo complexo (Christian Kofo *et al.*, 2023).

A extração de antioxidantes naturais, em sua maioria, é realizada a partir de plantas, por meio de fitoquímicos - nutrientes ativos que inativam os radicais livres ao entrarem na célula. Esses compostos geram sinais químicos ou eletrofilicos de estresse, regulando diversas vias de sinalização celular. Entre os fitoquímicos, os polifenóis são os principais responsáveis pelas atividades antioxidantes das plantas, pois inibem a produção de radicais livres, a

proliferação celular, a inflamação e modulam a atividade de enzimas específicas (Castro *et al.*, 2022).

Compostos fenólicos são grandes fontes de antioxidantes naturais, e são classificados como: tocoferóis, flavonoides e fenólicos. Esses compostos possuem uma estrutura variável, mas todos apresentam um anel aromático com um ou mais grupos hidroxila. Essas substâncias possuem a capacidade de interceptar e neutralizar os radicais livres, protegendo assim as células do organismo (Traesel *et al.*, 2016). Os compostos fenólicos são produzidos pelas plantas em condições de estresse, como variações térmicas, infecções e radiação ultravioleta, sendo importantes para sua reprodução e crescimento (Naczki; Shahidi, 2004).

Especiarias nativas a exemplo da noz-moscada, manjericão, cravo, orégano tomilho, alecrim, açafraão da terra são plantas aromáticas e vêm sendo empregadas como alimentos funcionais medicinais pois são ricas em fitoquímicos, flavonoides, carotenóides, vitaminas e minerais, e possuem ações antioxidantes, antimicrobiana e anti-inflamatório (Sakurai *et al.*, 2016). Em estudo realizado por Fasseas *et al.* (2008), investigou-se a atividade antioxidante da carne moída de bovino e suíno homogeneizada com orégano e sálvia durante 12 dias de armazenamento. O chá verde também foi investigado como fonte de compostos antioxidantes e antimicrobianos para melhorar a qualidade geral e prolongar o prazo de validade da carne bovina.

3.6 Noz-Moscada (*Myristica fragrans*)

A noz-moscada (*Myristica fragrans*) é uma semente obtida do fruto da árvore moscadeira, que pode crescer até 20 metros de altura. Quando maduro, o fruto se abre e revela uma semente coberta por fibras avermelhadas. De acordo com Sakurai *et al.* (2016), além de ser utilizada como condimento em alimentos, estudos em animais mostraram que a noz-moscada pode prevenir a aterosclerose, reduzindo o tamanho da placa de ateroma e os níveis de colesterol total. É conhecida também por suas propriedades anti-inflamatórias e antimicrobianas. A noz-moscada pode ser usada em diversos pratos, como especiarias, recheios de doces, molhos, temperos, pães, biscoitos, bebidas e coquetéis.

A noz tem uma casca dura, rugosa, castanha-escura e lisa no interior, com cerca de meia linha de espessura. A semente/noz é oval, castanha pálida e macia quando jovem, mas rapidamente enrugada e tem linhas irregulares, verticais ou sulcos em sua superfície quando madura. A árvore produz frutos durante todo o ano, mas é melhor colhê-los entre abril e

novembro. A identificação morfológica pode ser feita em toda a planta, incluindo folhas, frutos, sementes, casca, caroço e aril da *Myristica fragrans* (Ashokkumar *et al.*, 2022).

A composição química da noz-moscada pode variar devido a diversos fatores, tais como clima, solo e colheita. Em geral, estudos apontam uma média de 9% de umidade, 2,5% de cinzas, 27% de amido, 33% de lipídios, 4,5% de óleos essenciais, 9,6% de compostos nitrogenados e 14,5% de compostos não nitrogenados na noz-moscada (Duarte 2014).

Durante a Idade Média até o século XIX, as intoxicações com a noz-moscada eram comuns. A semente é comumente consumida na Índia, podendo ser mastigada, fumada com tabaco ou utilizada como especiaria (Oga, 2008). A ingestão não usual do condimento, quer seja por acidente ou intencionalmente, pode levar a intoxicações potencialmente fatais, com sintomas caracterizados por quadros excitatórios, alucinatórios e distúrbios gastrointestinais (Martinez; Almeida; Pinto, 2009).

3.6.1 Óleo Volátil de Noz-Moscada

A noz-moscada, uma especiaria composta por quatro partes (pericarpo, polpa, fuli e sementes). Cada parte da noz-moscada contém uma substância ativa, incluindo propriedades antimicrobianas, antibacterianas e antioxidantes. Além dos nutrientes comuns, como hidratos de carbono, proteínas e minerais como potássio, magnésio e fósforo, a noz-moscada contém óleos voláteis com alto valor econômico. Possui diversas aplicações, sendo as mais comuns no mercado as sementes como especiarias e o óleo de noz-moscada na medicina (Rosmalia; Minarni; Marjoni, 2022).

O óleo volátil de noz-moscada tem características incolor com forte odor e picância. Os óleos voláteis consistem em misturas complexas de metabólitos e são compostos principalmente por terpenos (mais de 80%). Dentre estes, os monoterpenos são os mais comuns e possuem forte atividade antimicrobiana e antioxidante. No que diz respeito a estudos bibliográficos atuais, o óleo volátil de noz-moscada pode ser empregado devido ao potencial antioxidante da planta, porém não existem relatos sobre suas propriedades empregadas ao uso em alimentos industrializados (Nikolic *et al.*, 2021).

O óleo volátil de noz-moscada pode variar em sua composição, dependendo da origem e clima. A miristicina, um dos componentes do óleo volátil, é responsável pelo odor característico da noz-moscada. Antes de qualquer extração, a miristicina representa até 2,9% do peso total e o safrol cerca de 0,3% na noz-moscada. No entanto, nas amostras de óleo volátil,

a miristicina pode variar de 3,9% a 12,8%, enquanto o safrol varia de 0,53% a 3,42% (Morgan *et al.*, 1994).

A miristicina é um líquido oleoso e incolor que tem baixa solubilidade em água, mas é solúvel em éter e benzeno, e tem um aroma balsâmico-amadeirado. Ela é frequentemente usada em suplementos alimentares e alimentos aromatizados, como o óleo de endro, que tem cerca de 7% de miristicina em sua composição. A miristicina também pode ser encontrada em plantas medicinais como a *Piper mullesua*, *Pseudorlaya minuscula*, *Pseudorlaya pumila* e *Daucus glochidiatus*. A molécula da miristicina é composta por carbono, hidrogênio e oxigênio, com um peso molecular de 192,21 g/mol, um ponto de ebulição de 276,5 °C e um ponto de fusão de -20 °C (PUBCHEM, 2023).

3.7 Hidrodestilação de Clevenger

De acordo com Araújo (2022) a extração de óleos voláteis é realizada por processos químicos, como hidrodestilação, destilação por arraste a vapor, extração por solvente e pode ser dividida em extração líquido-líquido (ELL) e extração sólido-líquido, ou ainda utilizando fluido supercrítico.

O método amplamente utilizado para produção em laboratórios e em pequena escala é conhecido como método do tipo Clevenger. De acordo com Biasi; Deschamps (2009), esse método envolve o uso de um aparelho também chamado Clevenger, que consiste em um balão de vidro com volume variável conectado a um condensador por meio de um aparelho também de vidro. O balão de vidro é aquecido por uma manta aquecedora que é conectada à energia elétrica e a temperatura é regulada por um termostato. As dimensões do balão e do aparato de vidro do aparelho Clevenger são determinadas pela densidade do óleo volátil e devem ser observadas para maximizar a eficiência da extração (Biasi; Deschamps, 2009).

Existem três métodos diferentes que podem ser denominados como hidrodestilação: hidrodestilação com água, hidrodestilação com água e vapor, e hidrodestilação por vapor. No método de hidrodestilação com água, o material vegetal é colocado em contato direto com a água, que é aquecida por diferentes fontes de calor. Na hidrodestilação com água e vapor, o material vegetal é colocado em um cesto metálico perfurado, que é mantido acima da superfície da água. O vapor de baixa pressão, gerado pelo aquecimento da água, entra em contato com o material vegetal, sem haver contato direto com a água. A hidrodestilação por vapor é o método mais amplamente utilizado. Nesse método, o material vegetal também entra em contato com o

vapor, mas o vapor é gerado separadamente e normalmente transferido para a estrutura de destilação em uma pressão superior à atmosférica. Atualmente, esses termos têm sido substituídos pelo uso de "hidrodestilação" quando a água é utilizada e "arraste por vapor" para extrações que utilizam água e vapor ou apenas vapor Loregian (2013).

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Extração de óleo por hidrodestilação Clevenger

Para a obtenção do óleo volátil, as sementes de noz-moscada foram adquiridas no comércio local de Francisco Beltrão - PR. O total de 1.154 g de noz-moscada foram trituradas em moinho de facas tipo Willye Star FT 50 (Figura 1), em lotes de pequena quantidade para não acontecer pré-extração devido ao atrito das facas causando o aumento da temperatura que favorece a difusão do óleo de dentro da partícula sólida. A obtenção de partículas de menor tamanho favorece o contato do solvente por aumento de superfície de troca mássica, melhorando, assim, o processo de extração. Após a moagem, foram armazenadas em embalagem de polietileno a vácuo e sob refrigeração até a extração.

Figura 1 – Foto do moinho de facas tipo willye Star FT 50



Fonte - Autoria própria (2023)

O óleo volátil de noz moscada foi obtido nos laboratórios de Bioquímica e Química da Universidade Tecnológica Federal do Paraná - Campus Francisco Beltrão. Para a extração, foi utilizado um aparelho Clevenger (Figura 2) e uma razão matéria-prima: solvente de 1:12 de acordo com o estudo de SPRICIGO (1999). O solvente utilizado foi a água. Devido à limitação de vidraria, 7 (sete) bateladas de extração foram necessárias para o total de matéria-prima (noz-moscada) adquirida. A mistura foi adicionada em um balão volumétrico de capacidade total de 3 L conectado ao Clevenger. As condições de operação foram a pressão atmosférica e temperatura de ebulição do solvente (~100 °C). O processo ocorreu por aproximadamente 3 horas. Após a extração o óleo foi armazenado sob refrigeração até a análise de DPPH e realização da aplicação no produto cárneo.

Figura 2 - Aparelho de Clevenger utilizado para extrações do óleo volátil de noz-moscada



Fonte: Autoria própria (2023)

4.1.1 Avaliação atividade antioxidante

O óleo volátil de noz-moscada (*Myristica fragrans*) foi submetido à avaliação de sua atividade antioxidante por meio do ensaio de atividade antioxidante DPPH (2,2-Diphenyl-1-picryl-hidrazil). A metodologia adotada foi a proposta por Rufino *et al.* (2006). Esse método é comumente utilizado para avaliar a atividade antioxidante de compostos, pois é relativamente fácil, rápido e sensível para testar extratos de plantas. O princípio do método é baseado na mudança de cor da DPPH de púrpura para amarelo, que ocorre devido à redução dos radicais livres produzidos pela reação do composto da amostra com a molécula de DPPH. O valor de IC50 é calculado a partir da equação de regressão linear, indicando a concentração do composto que pode reduzir os radicais livres em 50%. Quanto menor o valor de IC50, maior a atividade antioxidante.

No estudo realizado por Nurhayati *et al.* (2023), foi determinada a atividade antioxidante do extrato de noz-moscada obtido com o uso de diferentes solventes. Os resultados deste estudo supracitado são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 - IC50 valor da noz-moscada com extrato graduado

<i>Amostra</i>	<i>IC50 (ppm)</i>
Extrato de n-hexano	56,22 ± 1,15
Extrato de Acetato de etila	20,39 ± 0,13
Extrato de metanol	17,89 ± 0,10

Fonte: Adaptado de Nurhayati *et al.* (2023)

Os resultados mostraram que o estudo publicado por Nurhayati *et al.* (2023) determinou um valor médio de IC50 de 56,22 ppm quando utilizado hexano como solvente e o menor resultado de 17,89 para o extrato de metanol. Com base nos critérios estabelecidos por Awe *et al.* (2013), a atividade antioxidante foi classificada como forte a muito forte, a depender do solvente, conforme a Tabela 2.

Tabela 2 - Nível de potência antioxidante baseado no valor de IC50 (AWE *et al.*, 2013)

<i>IC50 (ppm ou mg/L)</i>	<i>Atividade Antioxidante</i>
<50	Muito Forte
50-100	Forte
100-150	Médio
150-200	Fraco

Fonte: Adaptado de Nurhayati *et al.* (2023)

4.2 Produção da copa suína

4.2.1 Seleção da matéria-prima

As peças de sobrepaleta suína foram adquiridas no comércio local de Francisco Beltrão – PR, sem levar em consideração o período após o abate. Quanto ao tamanho, variaram de 300 g (F5, F6 e F7) a 1.200 g (F1, F2, F3 e F4) (Figura 3). Posteriormente, realizou-se a limpeza das peças, removendo qualquer excesso de gordura, a fim de preservar o aspecto característico da copa suína e suas propriedades sensoriais.

Durante o processo de manipulação da matéria-prima, foi de extrema importância estabelecer um critério essencial, que consistia na avaliação do pH da carne. Era imperativo que o pH se mantivesse dentro da faixa de 5,5 a 5,9, com o objetivo de prevenir a ocorrência de

anomalias que pudessem ser classificadas como PSE (*Pale, Soft, Exudative*) ou DFD (*Dark, Firm, Dry*). As peças utilizadas atenderam a esse requisito, apresentando níveis de pH situados entre 5,8 e 5,9, o que as tornou totalmente aptas para a produção do produto.

Figura 3 - Peças com peso médio de 1.000 g prontas para início da preparação das copas



Fonte: Autoria própria (2023)

Foram produzidas 7 formulações de copa suína seguindo os parâmetros de qualidade e BPF estabelecidos pela RTPIQ no laboratório de Carnes e Derivados disponível na UTFPR-FB. Para a preparação das formulações denominadas F1, F2, F3 e F4 foram utilizadas 1.000 g de sobrepaleta suína (desossada e sem pele e gorduras externas). Já para as formulações F5, F6 e F7 foram utilizadas peças pequenas, de 300 g, para submissão de nova dosagem de óleos volátil. Os ingredientes calculados em função do peso da carne são apresentados na Tabela 3.

Tabela 3. Formulações da copa suína com eritorbato de sódio e/ ou óleo volátil de noz-moscada

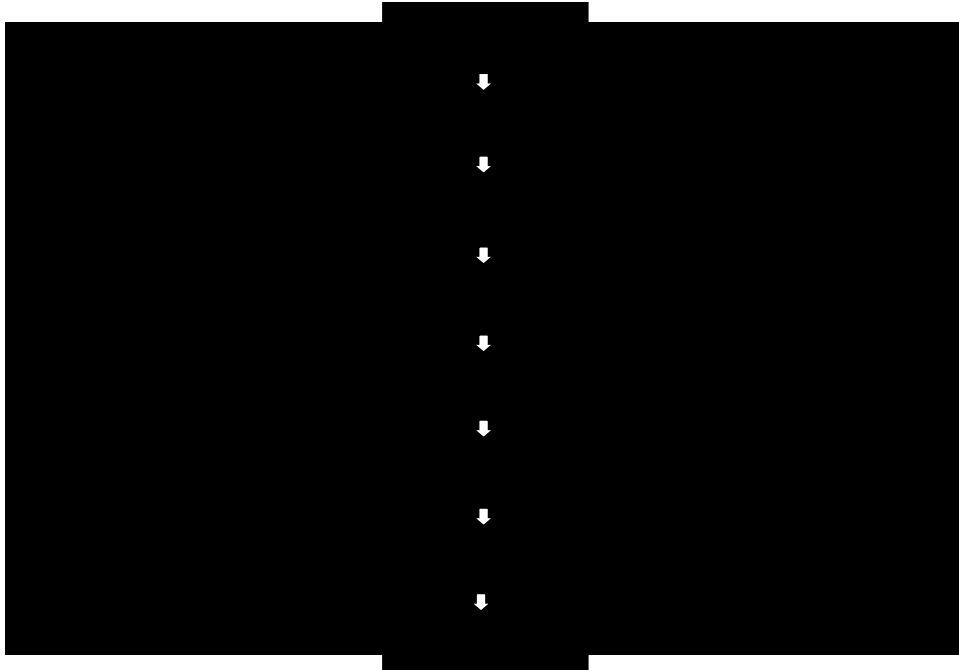
Ingredientes	F 1	F2	F3 (P)	F4	F5*	F6*	F7* (P)
Sal de cura	0,25%	0,25%	0,25%	0,25%	0,25%	0,25%	0,25%
Antioxidante	-	0,15%	0,25%	-	-	0,15%	0,25%
Açúcar	0,85%	0,70%	0,85%	0,85%	0,85%	0,70%	0,85%
Sal grosso	3%	3%	3%	3%	3%	3%	3%
Pimenta branca	0,08%	0,08%	0,08%	0,08%	0,08%	0,08%	0,08%
Canela em pó	0,03%	0,03%	0,03%	0,03%	0,03%	0,03%	0,03%
Noz-moscada em pó	-	-	0,01%	-	-	-	0,01%
Óleo volátil de noz-moscada	0,15%	0,10%	-	0,20%	0,15%	0,10%	-
Cultura starter	0,025%	0,025%	0,025%	0,025%	0,025%	0,025%	0,025%

(P) Padrão; *menor massa da paleta suína utilizada

Fonte: Autoria própria (2023)

A produção das diferentes formulações seguiu etapas que são discriminadas, de forma visual facilitada, pelo fluxograma de processo apresentado na Figura 4.

Figura 4 - Fluxograma do processo de produção das peças de copa suína.



Fonte: Autoria própria (2023)

4.2.2 Mistura dos condimentos

Os ingredientes foram meticulosamente misturados. É crucial destacar que, nesta etapa, a formulação foi feita com a inclusão de 100% dos condimentos, visando a otimização do processo de cura. Posteriormente, essa mistura preparada foi incorporada às peças de carne suína. Para assegurar uma distribuição uniforme dos ingredientes, é essencial realizar uma massagem minuciosa por um período de 10 minutos.

4.2.3 Adição Óleo Volátil

Os teores de óleo volátil de noz-moscada (*Myristica fragrans*) foram aplicados na formulação de copa suína com concentrações baseadas no estudo de (Demarco *et al.* 2022). As concentrações de óleo volátil adicionadas calculadas em relação ao peso da peça, resultando em variações de 0,10%, 0,15% e 0,20% de óleo volátil.

4.2.4 Cura

Nesse processo, a utilização de condimentos selecionados desempenha um papel de extrema importância. Sal, sal de cura, antioxidante, óleo volátil de noz-moscada, açúcar e condimentos desempenham funções específicas na cura do produto. O sal, em particular, é um elemento fundamental, pois tem a capacidade de interagir com as moléculas de água, tornando-as menos acessíveis aos microrganismos. Além disso, ele contribui significativamente para o sabor do produto (Campagnol, 2011).

O sal de cura é outro componente crucial, não apenas para a conservação, mas também para conferir a característica coloração rosada típica de produtos curados. Isso ocorre devido à sua reação com a mioglobina presente na carne. Além disso, o sal de cura desempenha um papel importante na segurança do produto, protegendo-o contra a ação de *Clostridium botulinum*, bactérias e fungos (Charcutaria, 2021).

Dado o uso de sais no processo de cura, o açúcar desempenha um papel significativo, ajudando a equilibrar o sabor, reduzindo a sensação excessiva de salinidade no produto final. Além disso, o açúcar também contribui para a cor e o sabor geral do produto (Gerhard, 2010). Cada um desses ingredientes desempenha uma função específica e essencial na obtenção do produto desejado.

O uso de antioxidante sintéticos como fosfato ou naturais como óleos voláteis desempenham um papel crucial na prevenção da oxidação, especialmente das gorduras, garantindo que o produto não desenvolva um sabor rançoso e contribuindo para a aparência da cor. Além disso, o fosfato desempenha um papel adicional na retenção de água, conferindo ao produto uma maior capacidade de manter sua umidade e, por conseguinte, melhorando sua suculência e sabor (Charcutaria, 2021).

Os antioxidantes foram incorporados às peças, seguidas de uma massagem para assegurar uma melhor aderência dos condimentos. Posteriormente, as peças foram submetidas a um processo de cura sob refrigeração controlada abaixo de 4 °C, permanecendo nesta condição por até 7 dias, juntamente com todos os ingredientes adicionados à peça.

4.2.5 Embutimento

As peças foram cuidadosamente envolvidas em filme de colágeno com 42 cm de largura e amarradas de forma característica. Esse método foi adotado para assegurar a manutenção da forma das peças e, ao mesmo tempo, preservar integralmente o sabor e a textura durante o período de maturação.

4.2.6 Defumação

Na fase de defumação (Figura 5), o procedimento foi realizado em uma churrasqueira convencional, empregando serragem de pinheiro com o intuito de aprimorar a riqueza de aromas do produto. Embora o controle direto da temperatura durante essa etapa tenha sido manual, manteve-se a defumação de forma consistente ao longo de 3 horas e 30 minutos, resultando em uma fumaça densa que envolveu completamente as peças de copa suína.

O aroma intenso proporcionado pelos óleos voláteis sugere a existência de outras abordagens para intensificar o sabor defumado. Uma alternativa viável teria sido a inclusão de fumaça em pó ou fumaça líquida durante a fase de cura, incorporando esses componentes à mistura de especiarias utilizada durante a etapa de condimentação. Essas estratégias destacam a preocupação com a obtenção de um produto final que não apenas atenda aos padrões de qualidade, mas também ofereça um sabor e aroma distintos e atraentes para os consumidores.

Figura 5 - Copas em processo de defumação



Fonte: Autoria própria (2023)

4.2.7 Maturação

Por fim, as peças de copa suína passaram pelo processo de maturação, desempenhando um papel crucial no desenvolvimento das características sensoriais desejadas. Após a fase de defumação, essas peças foram transferidas para um ambiente com temperatura controlada, mantida entre 18 °C e 20 °C, onde permaneceram por um período variando de 30 a 60 dias. Durante essa etapa, ocorrem reações químicas essenciais, com os compostos de oxidação dos ácidos graxos, formados durante a secagem, interagindo com os aminoácidos liberados pela atividade proteolítica. Essas reações de condensação resultam na formação de compostos que desempenham um papel significativo na criação do sabor, aroma e textura característicos da copa suína (Assunção 2005).

No decorrer do processo (0 aos 35 dias de maturação da copa), foi realizado o controle da porcentagem de desidratação nas peças de cada formulação proposta através do acompanhamento da massa ao longo do período.

4.3 Análises Físico-químicas

As análises físico-químicas foram realizadas na copa suína nos laboratórios de Bioquímica e Química da Universidade Tecnológica Federal do Paraná - Câmpus Francisco Beltrão após o período de maturação 30, 45 e 60 dias. Para isso, foram coletadas amostras de copa suína após 35 dias de maturação, devidamente identificadas e armazenadas adequadamente até a análise.

As análises físico-químicas realizadas nas amostras incluíram a determinação de pH, cor e análise de oxidação lipídica.

4.3.1 Determinação de pH

O pH foi determinado utilizando o pHmetro de inserção do eletrôdo em lâmina na superfície da carcaça. A leitura do pH foi realizada utilizando um pHmetro devidamente calibrado com as soluções tampão de pH 4 e 7, seguindo as instruções do manual do fabricante.

4.3.2 Cor

O processo de determinação da cor foi conduzido ao longo dos dias de armazenamento: no tempo 30, 45 e 60 dias. Foi realizado utilizando o instrumento chamado colorímetro (Minolta CR-300) que opera com o Sistema CIELAB. Nesse procedimento, três parâmetros de cor, nomeadamente L^* , a^* e b^* , foram avaliados. O valor de L^* é utilizado para medir a luminosidade, variando numa escala de 0 (representando preto) até 100 (representando branco). Os parâmetros a^* e b^* são responsáveis por indicar as coordenadas de cromaticidade, onde valores positivos de a^* apontam para tonalidades avermelhadas, valores negativos correspondem a tonalidades esverdeadas, e valores positivos de b^* indicam tonalidades amareladas, enquanto valores negativos estão relacionados a tonalidades azuladas.

4.3.3 Análise estatística

A análise estatística foi conduzida mediante a aplicação dos testes Tukey e Anova, utilizando o suplemento XLSTAT no Microsoft Excel. Essa abordagem possibilitou uma análise mais aprofundada das diferenças significativas ou da ausência delas no contexto deste

estudo. A análise de dados foi realizada com o objetivo de examinar os parâmetros relacionados às diferenças significativas na coloração e na oxidação lipídica de TBARS.

4.4 Análise de oxidação lipídica

As análises de oxidação lipídica realizadas ocorreram após o período de estocagem a vácuo, depois de 35 dias de maturação. Foram realizadas com as peças embaladas a vácuo no seu tempo 0, 15 e 30 dias em todas as formulações de copa suína, que inclui a adição do óleo volátil de noz-moscada, seguindo os parâmetros descritos na metodologia de (Kaipers *et al.* 2017).

A avaliação ocorreu por meio da quantificação das substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS), seguindo a metodologia descrita por (Vyncke, 1970). Inicialmente, foram preparados os reagentes necessários, incluindo Ácido Tiobarbitúrico (TBA) 0,02 M, Padrão Tetraetoxipropano (TEP) e Ácido Tricloroacético 7,5% (TCA). Para construir a curva padrão, foi preparada uma solução de TEP padrão, dissolvendo-se 0,1 mL da solução TEP em um balão volumétrico de 100 mL contendo água destilada. A análise foi realizada em triplicata, utilizando tubos com tampa de rosquear. Serão utilizadas concentrações variadas, como 0,1; 0,2; 0,3; 0,4; 0,5; 0,6; 0,7; 0,8; e 0,9, em uma escala de 10^{-7} molar.

As amostras de copa suína, com adição de óleo volátil de noz moscada, foram pesadas, totalizando 10 gramas, e trituradas em um liquidificador. Em seguida, será adicionado 50 mL de ácido tricloroacético a 7,5% e a mistura será homogeneizada em um erlenmeyer, utilizando uma barra magnética por 5 minutos. O filtrado será coletado em um balão volumétrico de 50 mL, após a filtração em papel qualitativo, e o volume será completado com ácido tricloroacético a 7,5%.

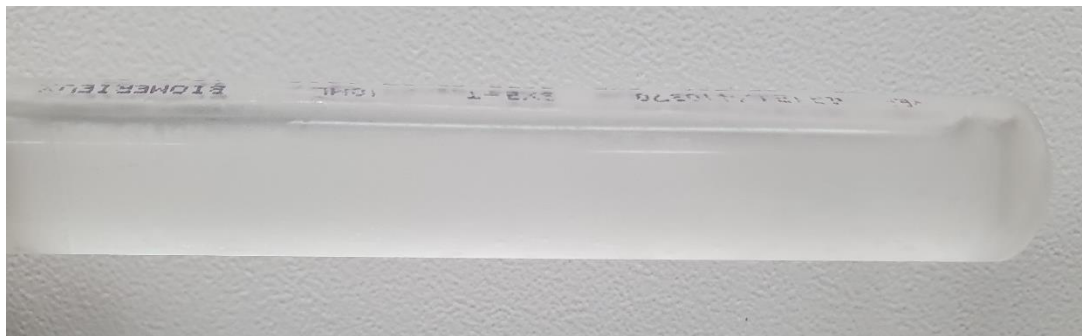
Foram medidos 5 mL do filtrado em tubos com tampa rosqueada (triplicata) e adicionados 5 mL de ácido tiobarbitúrico 0,02 Molar. A mistura foi agitada com o auxílio de um agitador de tubos e aquecida em banho-maria por 10 minutos. Posteriormente, resfriada rapidamente em gelo e a leitura foi realizada em um espectrofotômetro, utilizando um comprimento de onda de 532 nanômetros. O espectrofotômetro previamente calibrado com uma solução contendo 5 mL de ácido tricloroacético e 5 mL de ácido tiobarbitúrico. O resultado obtido foi expresso em miligramas de malonaldeído por quilograma de amostra (mg de malonaldeído/kg de amostra).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Extração de óleo volátil de noz-moscada

Para obtenção do óleo volátil foram realizadas 7 bateladas, com diferentes massas de noz-moscada moída, entretanto, mantendo a proporção com o solvente de 1:12. Obteve-se um rendimento médio em massa de $4,5911 \pm 0,7599$ g de óleo volátil, ou $3,1266 \pm 0,2534\%$. Os resultados obtidos neste trabalho são semelhantes aos encontrados por Kapoor *et al.* (2013), que obtiveram um rendimento de extração de 3,4% e óleo resultante, e apresentou características próximas ao do presente estudo, de cor incolor (Figura 6), com odor característico e sabor acentuado. O estudo de Kapoor *et al.* (2013) destacou ainda que *Myristica fragrans* é uma fonte natural única, contendo substâncias antioxidantes potentes, cuja eficácia foi comparável à de antioxidantes conhecidos como BHA (2,3-terc-butil-4-hidroxianisol) e BHT (2,6-diterc-butil-p-creso).

Figura 6 – Óleo volátil de noz-moscada obtido



Fonte: Autoria própria (2023)

De acordo com o estudo publicado por Ashokkumar *et al.* (2022) o óleo volátil extraído das folhas e sementes de *Myristica fragrans* apresenta um rendimento de 0,7-3,2%, 6,2-7,6%, respectivamente. A quantidade de óleo produzido varia de acordo com a fonte da planta, condições de cultivo, região e solo, e o método de extração utilizado Lima (2008). Existem vários métodos de extração de óleo volátil de noz-moscada, incluindo hidrodestilação, destilação a vapor, hidrodestilação assistida por micro-ondas, extração de fluido supercrítico CO₂ e extração por prensagem.

5.2 Atividade Antioxidante DPPH

Os antioxidantes desempenham um papel crucial na promoção da saúde humana, combatendo reações de oxidação prejudiciais que podem levar ao estresse oxidativo e, por conseguinte, a doenças como hipertensão, enfermidades neurodegenerativas e câncer (Apak *et al.* 2019). Contudo, avaliar a capacidade antioxidante é uma tarefa complexa, uma vez que nenhum método consegue reproduzir completamente as complexas reações que ocorrem *in vivo* (Rácz *et al.* 2015).

Vários fatores impactam a eficácia de um antioxidante, incluindo sua estrutura tridimensional, concentração, e reatividade intrínseca aos radicais livres e outras espécies reativas de oxigênio. Além disso, a temperatura e a cinética das reações redox também influenciam a potência antioxidante, tornando crucial a consideração de todos esses elementos ao escolher um antioxidante para uma aplicação específica (Munteanu; Apetrei, 2021, Rumpf; Burger; Schulze, 2023).

Os resultados do presente estudo indicaram uma atividade antioxidante notavelmente significativa, com valores de 46,210 μM DPPH e 0,0725 mg/L de IC50. Com base em um estudo recente realizado por Nurhayati *et al.* (2023) e conforme os critérios estabelecidos por Awe *et al.* (2013), a atividade antioxidante é classificada como muito forte, com o valor de IC50 situando-se na faixa de <50 ppm ou mg/L. Entretanto, o estudo de Lima (2008) não identificou atividade antioxidante no óleo essencial de noz-moscada utilizando o método de DPPH, entretanto, via determinação de carotenóides totais o valor foi de 976 $\mu\text{g/ml}$ expresso em β -caroteno. Em contraste, para o antioxidante do BHT, o estudo de Pandini; Pinto; Scur; Santana; Costa; Temponi, (2018) encontrou uma atividade com IC50 de 0,00927 mg/mL. De tal forma, pode-se dizer que óleos essenciais de plantas da família *Myrtaceae*, como *Myrcia sylvatica* e *Syzygium aromaticum* (cravo-da-índia), mostraram ser eficazes como antioxidantes. Em um teste específico, *Myrcia sylvatica* teve uma atividade antioxidante com uma concentração inibitória de 50% (CI50) (*capacidade de inibição*) de $1,94 \pm 0,12$ mg/mL, conforme relatado por Silva; Raposo; Campos, (2018). Já o óleo essencial de *Syzygium aromaticum*, conforme estudado por Scherer *et al.* (2009), apresentou uma IC50 de $0,0078 \pm 0,0006$ mg/mL, indicando uma atividade antioxidante ainda mais forte.

A partir dos resultados, infere-se que as propriedades antioxidantes do óleo essencial de noz-moscada são notáveis, e podem despertar interesse na indústria de alimentos. Essa relevância se deve à possibilidade de utilização desses extratos como aditivos naturais,

refletindo a crescente tendência de substituição de antioxidantes sintéticos por alternativas naturais.

5.3 Copa Suína

O produto foi desenvolvido a partir de sobrepaletas suínas selecionadas no mercado local de Francisco Beltrão. No início do processo de produção, o pH médio da carne foi mantido em 5,80, um valor considerado ideal e em conformidade com as normas de classificação (PSE e DFD), garantindo assim a qualidade e a normalidade do produto.

Ao longo do período de maturação, foi evidenciada a ocorrência espontânea de bolor do gênero *Penicillium* em quantidade significativa, um fenômeno frequente em embutidos fermentados. Essa presença não apenas contribui de maneira substancial para a aparência e o sabor, mas também desempenha um papel crucial na segurança dos embutidos cárneos. Na Tabela 4 é possível observar os valores do controle de porcentagem de desidratação das peças formuladas ao longo do período de maturação.

Tabela 4: Controle da porcentagem de desidratação no decorrer do processo

Formulação	Peso Inicial das peças (kg)	Redução de peso após defumação (%)	Redução de peso após 15 dias (%)	Redução de peso após 20 dias (%)	Redução de peso após 35 dias (%)
1	1192,72	0,19	17,5	26,7	37,4
2	1009,7	1,45	16,5	24,8	35,3
3 (P)	1131,22	0,63	17,4	25,8	36,8
4	1063,2	1,64	16,1	24,8	36,6
5	305,45	0,57	19,7	32,4	41,2
6	305,85	0,47	17,1	32,3	41,7
7 (P)	302,58	0,31	19,6	32,1	42,2
Média ± Desvio padrão					38,74 ± 2,85

Fonte: Autoria própria (2023)

Ao longo do processo de maturação, observou-se pronunciada redução de peso nas peças, atingindo uma média de 38,74% em aproximadamente 35 dias. Essa diminuição foi mais pronunciada em peças com peso inicial menor, sendo que as amostras da formulação de 1 a 4 apresentaram uma redução de cerca de 36,52%.

A busca por lucratividade e rendimento é um objetivo intrínseco à indústria, aplicando-se também à copa suína com adição de óleo volátil de noz-moscada. Nesse cenário, a perda de peso emerge como um dos fatores mais cruciais, proporcionando uma medida da quantidade de

água eliminada pelo embutido durante o período de estocagem/secagem. A perda de peso em produtos cárneos está intrinsecamente ligada à temperatura, à umidade relativa no interior da câmara de maturação, e ao tempo de processamento.

As formulações de copa suína com adição de óleo volátil de noz-moscada apresentaram perdas de peso similares em comparação com as formulações 3 e 7 (padrões). Dentre essas formulações, a F7 (P) se destacou com a maior perda (42,2%) em relação ao seu peso inicial de 300g, seguida por F6, F5 e F1. A perda de peso pode ter sido influenciada pelo aumento de conteúdo de óleo volátil, uma vez que a F4 em relação à F1 tem, como diferença, 0,5% a mais de óleo volátil de noz-moscada na composição. Também pela combinação de antioxidantes, quando comparadas F6 com 0,10% de óleo volátil de noz-moscada e 0,15% de antioxidante em relação à F5 só com 0,15% de óleo volátil de noz-moscada.

Em seu estudo sobre o uso do extrato de alecrim (*Rosmarinus officinalis*) como antioxidante natural em linguiça colonial, Kaipers (2017) observou variações significativas na perda de peso entre diferentes formulações. Segundo o autor, a influência dessa perda de peso pode ser atribuída à combinação dos antioxidantes, visto que quando usada a concentração máxima de ambos (natural e sintético) alcançou uma menor perda de peso de 49,25%.

Já no estudo de Demarco (2022), o rendimento do produto foi avaliado por meio da perda de peso durante o período de maturação. A formulação inicial, F1 (0,08%), mostrou o maior percentual de quebra, atingindo 40,06%. Essa elevada quebra pode ser explicada pelo fato de a F1 ter sido a primeira a ser produzida e fermentada, favorecendo o processo de desidratação. Em contraste, a formulação F5 (0,012%), que foi a última a iniciar o processo de fermentação, apresentou o menor percentual de quebra, alcançando 37,56%. Essas observações sugerem uma correlação entre o momento de produção e fermentação e a variação na perda de peso dos produtos.

No que diz respeito às características sensoriais, a copa suína apresentou uma coloração vermelha intensa e um aspecto seco resultante da desidratação (Figura 8). Ao fatiar, notou-se firmeza, sem a presença de condimentos visíveis no interior do produto devido à utilização de condimentos em pó e dissolvidos em óleo. Além disso, a copa exibiu gordura entremeada, aroma e sabor característicos, revelando-se macia ao mastigar. A presença de "mofos" ao redor do filme de colágeno do produto foi identificada, característica conforme a legislação (BRASIL, 2000; Charcutaria, 2015).

Figura 7 - Copa Fatiada após 35 dias de maturação



Fonte: Autoria própria (2023)

5.4 Análise de Cor

O conceito abrangente de qualidade da carne engloba diversos atributos organizados em categorias como qualidade visual, qualidade gustativa, qualidade nutricional e parâmetros de segurança (Soares; Silva; Góis, 2017). Em outras palavras, os consumidores buscam produtos que sejam seguros para o consumo e, ao mesmo tempo, apresentem qualidade sensorial (RAMOS; GOMIDE, 2012).

No contexto alimentício, o termo "vida útil" refere-se ao período em que um alimento mantém sua qualidade preservada. As propriedades cruciais da carne que influenciam sua vida útil incluem cor, carga microbiana, sabor, entre outros (Mcmillin, 2008). Diversos fatores interligados desempenham um papel na determinação da qualidade das carnes e, por conseguinte, em sua vida útil. Entre esses fatores, destacam-se a temperatura de estocagem, a presença de oxigênio, enzimas endógenas, luz e, sobretudo, a ação dos micro-organismos (Lambert *et al.*, 1991). Um exemplo notável de interação desses fatores é a oxidação da cor, uma alteração físico-química que pode ser acentuada pela ação microbiológica (Soares; Silva; Góis, 2017).

A coloração de um produto de carne é de extrema importância, uma vez que é o primeiro aspecto considerado pelo consumidor ao realizar a compra. Determinar a cor da carne é uma tarefa complexa devido à distribuição do pigmento no músculo, considerando a natureza dinâmica da mioglobina. Essa avaliação pode ser feita de maneira subjetiva ou por meio de instrumentos. A tonalidade dos produtos cárneos está diretamente relacionada ao teor de

mioglobina na matéria-prima, juntamente com a intensidade da reação de cura, que converte a mioglobina em nitrosomioglobina (Yamada, 2005).

Na Tabela 5 encontram-se os dados determinados com auxílio do colorímetro (Minolta CR-300) que opera com o Sistema CIELAB ao longo do período de maturação.

A partir da Tabela 5 do parâmetro de cor em relação ao tempo de estocagem da copa suína, observou-se que o antioxidante natural, óleo volátil de noz moscada, exerce um impacto significativo na coloração da copa suína.

A adição do óleo volátil de noz moscada não apresentou diferenças significativas entre os tratamentos avaliados, com exceção das formulações F2, F3, F4, F5 e F6 aos 45 dias, especificamente no parâmetro a^* que indica a incidência da cor vermelha. Observou-se, portanto, que a inclusão do óleo de noz-moscada não teve impacto na coloração das amostras de copa durante a avaliação. No estudo de Kunrath (2017), observou-se uma redução na intensidade dos valores de a^* , indicativos da cor vermelha, em todos os tratamentos. Os valores encontrados para o parâmetro a^* foram de 12,32, diferenciando-se das demais amostras, nomeadamente F1 (controle), F3 (0,01% de própolis) e F4 (0,05% de própolis). No entanto, no presente estudo, diferenças significativas foram identificadas apenas nas formulações F5 e F6 com resultados próximos ao de Kunrath (2017), enquanto as demais formulações não apresentaram alterações notáveis. Assim foi possível observar que a adição do óleo de noz-moscada não interferiu na cor das amostras de copa avaliada.

Portanto, pode-se inferir que o antioxidante natural (óleo volátil de noz moscada) tem o efeito de aumentar a luminosidade e intensificar as tonalidades avermelhadas na copa suína. Esse efeito é mais notório nos primeiros 45 dias de armazenamento.

Adicionalmente, as formulações que incorporam óleo volátil de noz moscada (F1, F2, F4, F5, F6) apresentam maior consistência ao longo do tempo, permanecendo dentro do intervalo de confiança de 95% da formulação controle (F7 e F3) para todos os períodos testados.

O estudo conduzido por Kaifers (2017) sobre a coloração de linguiças coloniais durante o armazenamento fornece um contexto valioso para a avaliação comparativa com os resultados obtidos no presente trabalho. Kaifers (2017) observou, até o 20º dia de estocagem, uma tendência de maior luminosidade (L^*) nas amostras, indicando uma coloração mais clara. Em contraste, as formulações enriquecidas com óleo volátil de noz-moscada neste estudo apresentaram persistentemente maior luminosidade em todos os períodos testados (0, 45 e 60 dias). Esse resultado sugere uma influência duradoura do antioxidante natural na claridade das amostras, diferenciando-se da tendência temporal observada pelo autor comparado.

Tabela 5 - Parâmetros de cor da copa suína nos períodos de 30, 45, e 60 dias

	TEMPO											
	30				45				60			
	L*	a*	b*	Razão a/b	L*	a*	b*	Razão a/b	L*	a*	b*	Razão a/b
F1	45,50±5,63 ^a	17,88± 7,28 ^a	2,74 ± 3,92 ^a	1,07±5,85 ^a	33,70±1,15 ^a	20,09 ± 1,34 ^a	5,64 ± 0,25 ^a	3,55±0,08 ^{ab}	40,75 ± 2,16 ^a	18,53 ± 0,47 ^a	5,14±0,73 ^a	3,64±0,40 ^a
F2	48,57±11,18 ^a	15,59 ± 5,31 ^a	4,02 ± 0,73 ^a	3,95±1,50 ^a	44,21±2,61 ^a	17,20 ± 3,68 ^{ab}	6,19 ± 4,06 ^a	3,41±1,51 ^{ab}	42,32 ± 6,38 ^a	17,59 ± 2,65 ^a	3,95±1,04 ^a	4,55±0,60 ^a
F3	38,96±6,39 ^a	16,98 ± 0,61 ^a	2,98 ± 1,41 ^a	6,72±3,48 ^a	44,58±9,06 ^a	16,43 ± 6,13 ^{ab}	5,40 ± 1,68 ^a	3,01±0,29 ^{ab}	40,42 ± 1,96 ^a	16,36 ± 5,71 ^a	5,88 ± 0,66 ^a	3,36±0,62 ^a
F4	52,88±8,32 ^a	13,05 ± 3,09 ^a	3,25 ± 2,34 ^a	6,67±3,52 ^a	38,89±5,21 ^a	15,60 ± 3,25 ^{ab}	3,71 ± 2,00 ^a	4,76±1,63 ^a	36,52 ± 5,61 ^a	16,13 ± 1,14 ^a	3,66 ± 0,63 ^a	4,45±0,46 ^a
F5	44,68±8,88 ^a	16,76 ± 1,37 ^a	5,07 ± 2,13 ^a	3,73±1,55 ^a	37,01±0,99 ^a	12,55 ± 2,89 ^{ab}	3,56 ± 0,69 ^a	3,50±0,35 ^b	39,91 ± 1,63 ^a	13,74 ± 0,33 ^a	3,72 ± 1,49 ^a	4,06±1,43 ^a
F6	39,18±3,32 ^a	16,19 ± 2,15 ^a	6,97 ± 4,71 ^a	3,10±1,73 ^a	41,14±9,41 ^a	12,54 ± 1,23 ^{ab}	5,85 ± 0,58 ^a	2,17±0,42 ^b	34,78 ± 3,32 ^a	14,93 ± 4,04 ^a	4,92 ± 1,97 ^a	3,14±0,46 ^a
F7	50,15±14,34 ^a	15,25 ± 4,28 ^a	5,50 ± 0,95 ^a	2,73±0,39 ^a	48,49±6,83 ^a	10,15 ± 1,40 ^b	4,10 ± 1,72 ^a	2,66±0,70 ^b	35,62 ± 4,65 ^a	15,33 ± 1,44 ^a	5,11 ± 0,55 ^a	3,00±0,09 ^a

Letras diferentes na mesma coluna indicam diferença significativa entre as formulações pelo Teste de Tukey (< 0,05). Letras diferentes na mesma linha indicam diferença significativa entre os tempos de análise (30-60 dias) de uma mesma formulação pelo Teste de Tukey (< 0,05).

Fonte: Autorial Própria (2023)

No estudo de Kaifers (2017) a coloração vermelha prevaleceu, associada à adição de antioxidante artificial (Eritorbato de sódio). Nas formulações com óleo volátil de noz-moscada neste estudo, a tonalidade L* luminosidade foi mais intensa levando em conta a média e suas consistências ao longo do período de tempo, em todos os períodos testados. Diferenças estatisticamente significativas entre as formulações indicam uma influência duradoura do antioxidante natural na tonalidade avermelhada. Esses resultados destacam a capacidade singular do óleo volátil de noz-moscada em realçar a coloração vermelha ao longo do tempo, contrastando com o antioxidante artificial utilizado por Kaifers (2017).

Kaifers (2017) evidenciou ainda uma característica de coloração amarela entre o 20º e 30º dia, correlacionada à oxidação lipídica. Neste estudo, houve um aumento significativo na coloração amarela nas formulações com óleo volátil de noz moscada em todos os períodos testados (0, 45 e 60 dias), respaldando a influência persistente do antioxidante natural nesse aspecto. Esta constatação reforça a capacidade do óleo volátil de noz moscada em modular a coloração amarela, divergindo da correlação temporal observada por Kaifers (2017).

Ao contrastar os resultados do presente estudo sobre a influência do óleo volátil de noz moscada na cor da copa suína com as descobertas de Reis (2022) sobre o impacto do extrato de erva-mate na tonalidade da linguiça toscana, destacam-se diferenças notáveis nas características cromáticas. Enquanto Reis (2022) observou uma diminuição nos valores de a* (tonalidade verde) com a adição de extrato de erva-mate na linguiça toscana, indicando uma coloração mais esverdeada, o estudo atual revelou que as formulações com óleo volátil de noz moscada resultaram em uma tonalidade mais vermelha na copa suína. Portanto, a divergência nas tonalidades sugere que diferentes antioxidantes naturais podem ter efeitos específicos na coloração de produtos cárneos.

Reis (2022) identificou um aumento significativo nos tons verde e amarelo com a adição de extrato de erva-mate na linguiça toscana. Em contrapartida, o presente estudo revelou que as formulações com óleo volátil de noz moscada resultaram em uma tonalidade mais amarela na copa suína. Essa divergência ressalta as variações nos efeitos de diferentes compostos naturais nas características cromáticas de produtos cárneos.

5.5 Oxidação lipídica TBARS

A quantificação da oxidação lipídica em carnes é frequentemente conduzida por meio do método analítico conhecido como TBARS, que visa analisar substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico. Contudo, é imperativo salientar que nenhum método é capaz de se ajustar de

forma integral e perfeita às modificações sensoriais que emergem durante as reações de oxidação (Kaipers *et al.* 2017).

O procedimento de determinação pelo TBARS fundamenta-se na reação do ácido tiobarbitúrico com os produtos de degradação dos hidroperóxidos, sendo o malonaldeído (MDA) um dos principais produtos formados durante o processo oxidativo. Nessa reação, uma molécula de malonaldeído interage com duas moléculas de TBA, originando um complexo de coloração vermelha, passível de absorção na faixa de 532-535 nanômetros (nm).

Os resultados desse método são comumente expressos em unidades de absorbância por unidade de peso da amostra ou em "valor TBARS", representando o peso em mg de MDA por kg de amostra (Silva; Borges; Ferreira, 1999). Importante mencionar que a implementação do teste TBARS em estágios mais avançados da oxidação pode induzir a dados incorretos, dado o cenário de variabilidade dos compostos produzidos, com a coloração resultante suscetível a flutuações em função dos ácidos graxos presentes na amostra (Kaipers *et al.* 2017).

A carne e seus subprodutos estão suscetíveis à oxidação lipídica, um processo que ocorre durante o processamento e o armazenamento, desencadeando alterações físico-químicas. Essas mudanças resultam na formação de radicais livres oxigenados, desencadeando a oxidação lipídica nos ácidos graxos insaturados presentes na carne. Esse processo compromete os sistemas de defesa naturais (Hygreeva; Pandey; Radhakrisma, 2014; Falowo; Fayemi; Muchenje, 2014, Kaipers *et al.* 2017).

No contexto deste estudo, antioxidantes, como eritorbato de sódio e óleo volátil de noz-moscada, foram adicionados em diferentes concentrações às formulações da copa suína. O objetivo era retardar a oxidação lipídica, e os resultados obtidos estão detalhados na Tabela 6.

Tabela 6 - Oxidação lipídica nas formulações de copa suína adicionadas de óleo volátil em 30, 45, e 60 dias.

Tempo	TBARS (mg MDA2. kg-1)		
	30	45	60
F1	39,7426 ± 7,2724 ^{bc}	6,7722 ± 4,9829 ^a	5,5318 ± 0,3912 ^a
F2	29,5643 ± 19,1245 ^{abc}	3,6999 ± 0,044 ^a	24,3674 ± 13,9135 ^a
F3	55,4146 ± 9,1250 ^b	9,0911 ± 1,3888 ^a	23,4487 ± 7,7277 ^a
F4	44,4999 ± 9,7845 ^{bc}	2,5476 ± 1,7092 ^a	23,3193 ± 11,9926 ^a
F5	10,6051 ± 6,6885 ^{bc}	24,7723 ± 9,3970 ^a	41,1329 ± 7,8456 ^a
F6	78,8100 ± 19,1721 ^a	14,8188 ± 0,0000 ^a	17,7202 ± 5,5095 ^a
F7	52,0177 ± 17,1829 ^{ab}	32,0266 ± 32,1182 ^a	25,9080 ± 5,4462 ^a

Letras diferentes na mesma coluna indicam diferença significativa entre as formulações pelo Teste de Tukey (< 0,05). Letras diferentes na mesma linha indicam diferença significativa entre os tempos de análise (30-60 dias) de uma mesma formulação pelo Teste de Tukey (< 0,05).

Fonte: Autoria Própria (2023)

Os resultados da análise de TBARS mostraram que a formulação F3, que contém apenas eritorbato de sódio (0,25%) e noz-moscada em pó, apresentou o maior índice de oxidação. A formulação F6 apresentou um valor de TBARS 78,8100 mg MDA/kg nos primeiros 30 dias, que é significativamente maior do que os valores encontrados nas outras formulações. Porém para efeito comparativo a formulação F3, considerada a formulação padrão não diferiu significativamente das demais formulações, com exceção da formulação F6.

As formulações que contêm óleo volátil de noz moscada não apresentaram valores significativos de TBARS aos 45 dias e 60 dias quando comparados à formulação F3 (padrão) sendo destaque a formulação F4 e F2 que apresentaram resultados próximos de Šojić *et al.* (2015) onde foram encontrados valores de TBARS inferiores (1,21 mg MDA/kg para 10 mg/kg e 0,95 mg MDA/kg para 20 mg/kg). No entanto é possível afirmar que os teores de óleo volátil de noz moscada apresentaram o índice de oxidação similar aos dos antioxidantes convencionais utilizados normalmente para a produção de copa. Assim é possível afirmar que óleo volátil de noz moscada atuou da prevenção da oxidação lipídica da copa armazenada para os até 60 dias.

No estudo realizado por Šojić *et al.* (2015), foi analisada a influência da adição de óleo essencial de noz moscada em linguiça cozida. As salsichas foram submetidas a concentrações de 10 mg/kg e 20 mg/kg do óleo, e ao longo de 60 dias de armazenamento, foram avaliados parâmetros como estabilidade oxidativa, estabilidade microbiana, cor, valores de TBARS e propriedades sensoriais. As linguiças tratadas com óleo essencial de noz moscada apresentaram uma maior estabilidade oxidativa devido aos fitoquímicos presentes no óleo, evidenciando valores de TBARS inferiores (1,21 mg MDA/kg para 10 mg/kg e 0,95 mg MDA/kg para 20 mg/kg) em comparação com a amostra controle (1,53 mg MDA/kg). A presença do óleo essencial também melhorou as propriedades sensoriais de aroma das linguiças, sendo mais pronunciadas após 45 e 60 dias de armazenamento. Concluiu-se que o óleo essencial de noz moscada, especialmente na concentração de 20 mg/kg, é eficaz para prolongar a vida útil das linguiças, atuando como antioxidante e melhorando o aroma durante o armazenamento.

Já no estudo de Armenteros; Morcuende; Ventanas; Estévez; (2016), investigou-se a adição de óleos essenciais em produtos embutidos, utilizando duas fontes naturais de antioxidantes. Uma mistura de alho, óleos essenciais de canela, cravo e alecrim, juntamente com um extrato de *Rosa canina* L., foi empregada para reduzir a oxidação de lipídios e proteínas em presuntos cozidos. A mistura de óleos essenciais mostrou-se mais eficaz contra a oxidação lipídica, resultando em baixas taxas de TBARS (0,2 mg MDA/kg de amostra) ao final do processo. Em todas as amostras, o valor de TBARS permaneceu baixo, não atingindo níveis perceptíveis de sabor rançoso. Este estudo indica que a adição de óleos essenciais,

especialmente a mistura utilizada, pode ser uma estratégia eficaz para preservar a qualidade e prolongar a vida útil de produtos embutidos, evitando a oxidação de lipídios e proteínas.

Valores próximos ao encontrado por Kaipers (2017) em linguiça colonial adicionadas de extrato de alecrim sendo que a formulação F2 (0,075 % de alecrim e 0,080 % de eritorbato) apresentou maior índice de oxidação (3,34 mgMDA/kg) e a F4 com (0,150 % de alecrim e 0,080 % de eritorbato) apresentou menor índice (2,70 mgMDA/kg). No trabalho conduzido por Kunrath *et al.* (2017), a formulação F4, contendo 0,05% de própolis, evidenciou uma redução significativa na atividade oxidativa quando comparada à amostra controle (F1). Isso implica que a própolis, quando presente em uma concentração de 0,05%, exerce um impacto positivo na prevenção de danos oxidativos.

Por outro lado, a concentração de própolis de 0,01% (F3) não apresentou diferença significativa em relação à formulação controle após 35 dias de envelhecimento. Isso sugere que, nessa concentração mais baixa, o extrato de própolis não teve contribuição perceptível no retardo do processo oxidativo Kunrath *et al.* (2017).

O estudo sugere ainda que o extrato de própolis seco demonstrou uma atividade antioxidante equiparável à do BHT (hidroxitolueno butilado), um antioxidante sintético, em determinados períodos de maturação do produto, conforme observado por Kunrath *et al.* (2017).

A cor e a oxidação lipídica são duas propriedades importantes da copa suína que podem influenciar a sua qualidade e aceitação pelos consumidores. A cor da copa suína é influenciada por diversos fatores, incluindo a composição da carne, as condições de processamento e armazenamento, e a presença de pigmentos naturais. Os pigmentos naturais mais importantes da carne são a mioglobina, a hemoglobina e a carotenóides.

A oxidação lipídica é um processo que ocorre naturalmente na carne, e que pode causar alterações na cor, sabor e textura do produto. A oxidação lipídica é causada pela ação de radicais livres, que são moléculas instáveis que podem causar danos às células. O antioxidante natural (óleo volátil de noz-moscada) é um composto que pode atuar como um agente quelante de radicais livres.

Esses resultados sugerem que o antioxidante natural (óleo volátil de noz-moscada) pode ser uma boa opção para melhorar a qualidade geral da copa suína. O antioxidante natural pode melhorar a cor da copa suína inibindo a oxidação da mioglobina. Quando a mioglobina é oxidada, ela forma a metamioglobina, que tem uma cor marrom-avermelhada.

6 CONCLUSÃO

O estudo abrangeu a extração de óleo volátil de noz-moscada, a atividade antioxidante utilizando o método DPPH, a produção de copa suína enriquecida com óleo volátil de noz-moscada, a análise da cor do produto e a avaliação da oxidação lipídica por meio do teste TBARS. Os resultados indicam que a extração por hidrodestilação direta das amostras moídas resultou em um rendimento de óleo volátil relativamente baixo em comparação a outras técnicas, como a extração por dióxido de carbono.

A atividade antioxidante do óleo volátil de noz-moscada foi evidenciada, despertando interesse para estudos futuros e principalmente para a indústria de alimentos, especialmente como alternativa aos antioxidantes sintéticos. A análise DPPH revelou uma forte atividade antioxidante, destacando a eficácia do óleo volátil de noz-moscada nesse aspecto. A comparação com estudos anteriores ressaltou variações nos rendimentos, atribuídas a fatores externos como condições de cultivo e métodos de extração.

No desenvolvimento da copa suína, a adição de óleo volátil de noz-moscada influenciou a cor do produto ao longo do tempo. Observou-se uma tonalidade mais vermelha e amarela nas formulações que incorporavam o antioxidante natural, destacando sua capacidade de modular a cor da carne. Além disso, as formulações contendo óleo volátil de noz-moscada apresentaram resistência à oxidação lipídica, com valores de TBARS comparáveis a antioxidantes convencionais.

A comparação com estudos similares destacou as propriedades do óleo volátil de noz-moscada em preservar a qualidade da carne, especialmente em termos de cor e resistência à oxidação. A persistência desses efeitos ao longo do tempo reforça a viabilidade do uso desse antioxidante natural na indústria de produtos cárneos.

No entanto, é importante ressaltar que, apesar dos resultados promissores, a eficácia do óleo volátil de noz-moscada pode ser influenciada por variáveis como concentração, condições de armazenamento e características específicas do produto final. Portanto, futuras pesquisas podem explorar esses aspectos para otimizar o uso do óleo volátil de noz-moscada como aditivo na indústria de alimentos, especialmente em produtos cárneos curados e maturados.

REFERÊNCIAS

- ABPA – Associação Brasileira de Proteína Animal. Relatório Anual 2021. Obtido em: https://abpa-br.org/wp-content/uploads/2021/04/ABPA_Relatório_Anual_2021_web.pdf.
- AGAUS, L. R.; AGAUS, R. V. Manfaat Kesehatan Tanaman Pala (*Myristica fragrans*) (Health Benefits of Nutmeg (*Myristica fragrans*)). **Medula**, v. 6, n. 3, p. 28, 2019.
- AHMAD, S. R. et al. Fruit-based Natural Antioxidants in Meat and Meat Products: A Review. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 55, n. 11, p. 1503–1513, 2013.
- AMARAL, A. B.; SOLVA, M. V. DA; LANNES, S. C. D. S. Lipid oxidation in meat: Mechanisms and protective factors - a review. **Food Science and Technology**, Campinas, v. 38, n. 1, p. 1–15, 2018.
- APAK, R. Current issues in antioxidant measurement. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 67, n. 33, p. 9187-9202, 2019.
- ARAÚJO, M. A. C. **Extrato de *Myristica fragrans* por destilação a vapor a partir de uma máquina de café expresso e identificação de miristicina**. 2022. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Química) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2022.
- ARMENTEROS, M.; MORCUENDE, D.; VENTANAS, J.; ESTÉVEZ, M. The application of natural antioxidants via brine injection protects Iberian cooked hams against lipid and protein oxidation. **Meat Science**. Volume 116, June 2016, Pages 253-259.
- ASHOKKUMAR, K. et al. Nutmeg (*Myristica fragrans* Houtt.) essential oil: A review on its composition, biological, and pharmacological activities. **Phytotherapy Research**, v. 36, n. 7, p. 2839–2851, 2022.
- ASSUNÇÃO, L. P. **Modificações tecnológicas aplicadas para reduzir o tempo do processo de obtenção do produto fermentado tipo copa**. 2005. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidad de São Paulo, Piracicaba, 2005.
- AWE, F. B. et al. Antioxidant properties of cold and hot water extracts of cocoa, Hibiscus flower extract, and ginger beverage blends. **Food Research International**, v. 52, n. 2, p. 490-495, 2013.
- BARROS, L.; FERREIRA, I. Natural Additives in Food. [S.l.: s.n.]. Disponível em: https://mdpires.com/books/book/5654/Natural_Additives_in_Food.pdf?filename=Natural_Additives_in_Food.pdf.
- BERTOL, T. M.; FIGUEIREDO, E. A. P. de. **Carne suína: padrões de qualidade e agregação de valor**. In: Congresso Brasileiro de Zootecnia, 31., 2022, Manaus. Anais... São Carlos, SP: Aptor Software, 2022. p. 45-55. ZOOTECA 2022.

BIASI, L. A.; DESCHAMPS, C.. **Plantas aromáticas: do cultivo à produção de óleo volátil**. Curitiba: Layer Studio Gráfico e Editora Ltda., 2009. 106 p.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução da Diretoria Colegiada - RDC nº 740, de 9 de agosto de 2022. Uso de aditivos alimentares e coadjuvantes de tecnologia em diversas categorias de alimentos. Diário Oficial da União, Brasília, DF, nº 156, p. 1, 17 ago. 2022.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Portaria nº 46, de 10 de fevereiro de 1998. Sistema de Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controle - APPCC a ser implantado, gradativamente, nas indústrias de produtos de origem animal sob o regime do Serviço de Inspeção Federal - SIF, de acordo com o Manual Genérico de Procedimentos. Diário Oficial da União. Brasília, DF. 16 mar. 1998. Seção 1, p. 24.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e do Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Instrução Normativa nº 22, de 31 de julho de 2000. Aprova os regulamentos técnicos de identidade e qualidade de copa, de jerked beef, de presunto tipo Parma, de presunto cru, de salame, de salaminho, de salame tipo alemão, de salame tipo calabrês, de salame tipo friolano, de salame tipo napolitano, de salame tipo hamburguês, de salame tipo italiano, de salame tipo milano, de linguiça colonial e pepperoni. Diário Oficial da União, Brasília, 2000. Seção 1, p. 17-18. Disponível em: <<http://www.cidasc.sc.gov.br/inspecao/files/2020/09/IN-MAPAn%C2%BA-22-de-31-de-julho-de-2000.pdf>>. Acesso em: 20/11/2023.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). Resolução RDC nº 272, de 14 de março de 2019, que estabelece os aditivos alimentares autorizados para uso em carnes e produtos cárneos. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 2019.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). Resolução RDC nº 331, de 23 de dezembro de 2019, que dispõe sobre os padrões microbiológicos de alimentos e sua aplicação. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 2019.

BRITO, A. C. T. DE; ANDRADE, J. S. Aditivos alimentares: impacto que pode causar na saúde humana. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 11, p. e489111133929–e489111133929, 30 ago. 2022.

CAMPAGNOL, P.C.B. **Influência da redução de sódio e gordura na qualidade de embutidos cárneos fermentados**. 2011. Tese (Doutorado em Engenharia de Alimentos) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2011.

CASTRO, C. DA S. et al. Aplicação de antioxidantes naturais na reprodução animal. **Ciência Animal Brasileira**, v. 23, 2022.

CHARCUTARIA. **Mofos no salame e em outros embutidos**. 2015. Disponível em: <<https://charcutaria.org/carnes/mofo-no-salame-e-em-outros-embutidos/>>. Acesso em: 15 de novembro de 2023.

CHARCUTARIA. O que é Charcutaria? Charcutaria, s/d. Disponível em: <<https://charcutaria.org/>>. Acesso em: 10 out. 2023.

CHRISTIAN KONFO et al. Essential oils as natural antioxidants for the control of food preservation. **Food Chemistry Advances**. v. 2, p. 100312–100312, 1 maio 2023.

CODEX ALIMENTARIUS COMMISSION. Higiene dos Alimentos – Textos Básicos / Organização Pan-Americana da Saúde; Agência Nacional de Vigilância Sanitária; Food and Agriculture Organization of the United Nations. – Brasília: Organização Pan-Americana da Saúde, p. 01-64, 2006. Disponível em: https://acisat.pt/wpcontent/uploads/2016/10/codex_alimentarius.pdf.

DAMIÁN-HERNÁNDEZ, X. et al. Evaluación de los agentes pro-oxidantes que influyen en la calidad de la carne de pollo. **Agro Productividad**, [S. l.], v. 13, n. 2, 2020. Disponível em: <https://www.revista-agroproductividad.org/index.php/agroproductividad/article/view/1518>. Acesso em: 4 jun. 2023.

DEMARCO, F. et al. Effects of natural antioxidants on the lipid oxidation, physicochemical and sensory characteristics, and shelf life of sliced salami Characteristics/shelf life of salami added with natural antioxidants. **Food and Bioprocess Technology**, 15, p. 2282–2293, 2022.

DUARTE, R. C.. Estudo dos compostos bioativos em especiarias (*Syzygium aromaticum* L, *Cinnamomum zeylanicum* Blume e *Myristica fragans* Houtt) processadas por radiação ionizante. 2014. Tese (Doutorado em Tecnologia Nuclear - Aplicações) - Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2014. doi:10.11606/T.85.2014.tde-12022015-142658. Acesso em: 2023-06-04.

FALOWO, A.B.; FAYEMI, P.O.; MUCHENJE, V. Natural antioxidants against lipid protein oxidative deterioration in meat and meat products: A review. **Food Research International**, v.64, p.171-181, 2014

FASSEAS, M. K. et al. Antioxidant activity in meat treated with oregano and sage essential oils. **Food Chemistry**, v. 106, n. 3, p. 1188–1194, fev. 2008.

GERHARD, F. **Meat products handbook: practical science and technology**. Cambridge: Woodhead, 2010. Disponível em: <<https://www.elsevier.com/books/meat-products-handbook/feiner/978-1-84569-050-2>>. Acesso em: 27 out. 2023. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2016.02.027>

HYGREEVA, H.; PANDEY, M.C.; RADHAKRISMA, K. Potential applications of plant based derivatives as fat replacers, antioxidants and antimicrobials in fresh and processed meat products. *Meat Science* 98(1):47-57, 2014.

KAIPERS, K. F. C. **Efeito do extrato de alecrim (*Rosmarinus officinalis*) como antioxidante em linguiça colonial**. 2017. 86 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, 2017.

KAPOOR, I. P. S.; SINGH, B.; SINGH, G.; DE HELUANI, C. S.; DE LAMPASONA, M. P.; CATALÃO, C. A. N. (2013). Chemical Composition and Antioxidant Activity of Essential Oil and Oleoresins of Nutmeg (*Myristica fragans* Houtt.) Fruits. **Journal of Essential Oil Research**, 25(14), 1059-1070. <https://doi.org/10.1080/10942912.2011.576357>

KUNRATH, C. A. et al.. Application and evaluation of propolis, the natural antioxidant in Italian-type salami. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 20, 2017.

LIMA, R. K. de. **Óleos essenciais de Myristica fragrans Houtt. e de Salvia microphylla H.B.K.: caracterização química, atividade biológica e antioxidante**. 2008. 144 p. Tese (Doutorado em Agroquímica)-Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2008.

LOREGIAN, A. **Comparação entre dois métodos de extração e caracterização de óleos essenciais de plantas do horto de plantas medicinais do grupo PET - Agronomia UTFPR - Pato Branco**. 2013. 45 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2013.

LUND, M. N. et al. Protein oxidation in muscle foods: A review. **Molecular, Nutrition and Food Research**, v. 55, n. 1, p. 83-95, 2011.

MARTINEZ, S. T.; ALMEIDA, M. R.; PINTO, A. C. Alucinógenos naturais: um voo da Europa Medieval ao Brasil. **Quím. Nova**, v. 32, 2009.

MORGAN, R. Enciclopédia das Ervas e Plantas Medicinais. 1. ed. São Paulo, SP: Ed. Hemus, 1994.

MOURA JUNIOR, A. J.; OKADA, R. H. Um estudo sobre a importância de ferramentas de qualidade em boas práticas de fabricação no setor alimentício. **Revista e-Fatec**, Garça, v. 9, n. 1, p. 01-12, 2019. Disponível em: <https://fatecgarca.edu.br/ojs/index.php/efatec/article/view/172>.

MUNTEANU, I. G.; APETREI, C. Analytical methods used in determining antioxidant activity: A review. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 22, n. 7, p. 3380, 2021.

MYRISTICIN. PubChem. Disponível em: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/4276#section=UNII>.

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

NIKOLIC, V. et al. Chemical Composition, Antioxidant and Antimicrobial Activity of Nutmeg (*Myristica fragrans* Houtt.) Seed Essential Oil. **Journal of Essential Oil Bearing Plants**, v. 24, n. 2, p. 218–227, 2021.

NURHAYATI, G. S. et al. Atividade antioxidante do extrato graduado de Nutmeg Mace (*Myristica fragrans*). **Revista de Ciências Naturais e Aplicadas**, [S.l.], v. 10, n. 1, p. 38188, jan. 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.24198/cna.v10.n1.38188>. Acesso em: 05 jun. 2023.

OGA, S.; CAMARGO, M. M. A.; BATISTUZZO, J. A. de **O. Fundamentos de toxicologia**. São Paulo: Atheneu, 2008.

OLIVEIRA, R. R. et al. **Antioxidantes naturais em produtos cárneos**. PUBVET, Londrina, v. 6, n. 10, ed. 197, art. 1324, 2012.

PANDINI, J. A.; PINTO, F.G.S.; SCUR, M.C.; SANTANA, C.B.; COSTA, W.F.; TEMPONI, L.G. 2018. Chemical composition, antimicrobial and antioxidant potential of the essential oil of *Guarea kunthiana* A. **Juss. Brazilian Journal Biology**. 78: 53-60.

PANDOLFI, I. A.; MOREIRA, L. Q.; TEIXEIRA, E. M. B. Segurança alimentar e serviços de alimentação - revisão de literatura. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 7, p. 42237-42246, 2020. DOI: <https://doi.org/10.34117/bjdv6n7-002>.

PEREIRA, J. et al. Aditivos alimentares naturais emergentes: Uma revisão. **Realidades e Perspectivas em Ciência dos Alimentos**. p. 46-84, 20 ago. 2020.

PEREIRA, L. F. et al. Prevalência de Aditivos em Alimentos Industrializados Comercializados em uma Cidade do Sul de Minas Gerais. **Revista Ciências em Saúde**, v. 5, n. 3, p. 1-7, 2015.

RÁCZ, A. et al. Comparison of antioxidant capacity assays with chemometric methods. **Analytical Methods**, v. 7, n. 10, p. 4216-4224, 2015.

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

REIS, R. Z. **Extrato de erva-mate (*Ilex paraguariensis*) como antioxidante e antimicrobiano natural em produto cárneo cru curado**. 2023. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, 2022.

RIBEIRO, J.S.; SANTOS, M. J. M. C; SILVA, L. K. R., PEREIRA, L.C. L.; SANTOS, I. A.; LANNES, S. C. S.; DA SILVA, M. V. Natural antioxidants used in meat products: A brief review, **Meat Science**. v. 148, p. 181-188, 2019.

ROSA, L. C. M.; PINTRO, P. T. M. **Antioxidantes naturais aplicados em produtos à base de carne bovina: uma alternativa promissora**. Revista Principia - Divulgação Científica e Tecnológica do IFPB, João Pessoa, v. 59, n. 4, p. 1376-1390, dez. 2022. ISSN 2447-9187. Disponível em: <https://periodicos.ifpb.edu.br/index.php/principia/article/view/5752>. Acesso em: 05 Jun. 2023. doi:<http://dx.doi.org/10.18265/1517-0306a2021id5752>.

ROSMALIA, D.; MINARNI; MARJONI, M. R. Effect of Nutmeg (*Myristica Fragrans*) Methanolic Extract to the Growth of Dental Plaque Bacteria. **Revista Brasileira de Odontologia**, v. 14, n. 3, p. 123-129, 2021.

RUFINO, M. do S. M. et al. **Metodologia científica: determinação da atividade antioxidante total em frutas pelo método de redução do ferro (FRAP)**. 2006. 4 p. (Embrapa Agroindústria Tropical. Comunicado técnico, 125). Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CNPAT-2010/11964/1/cot-125.pdf>>. Acesso em: 27 Nov. 2023.

RUMPF, J.; BURGER, R.; SCHULZE, M. Statistical evaluation of DPPH, ABTS, FRAP, and Folin-Ciocalteu assays to assess the antioxidant capacity of lignins. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 233, 2023, p. 123470.

- SAKURAI, F. N. et al. Caracterização das propriedades funcionais das ervas aromáticas utilizadas em um hospital especializado em cardiopneumologia. **DEMETRA: Alimentação, Nutrição & Saúde**, v. 11, n. 4, p. 1097-1113, 2016.
- SCHERER, R.; WAGNER, R.; DUARTE, M. C. T.; GODOY, H. T. 2009. Composição e atividades antioxidante e antimicrobiana dos óleos essenciais de cravoda-índia, citronela e palmarosa. **Rev. Bras. Pl. Med.**11: 442-449.
- SILVA, F. A. M.; BORGES, M.F.M.; FERREIRA, M.A. Métodos para avaliação do grau de oxidação lipídica e da capacidade antioxidante. **Revista Química Nova**, v.22, n.1, São Paulo, 1999.
- SILVA, L.A; RAPOSO, J.D.A.; CAMPOS, L.P.G.; CONCEIÇÃO, E.C.; OLIVEIRA, R.B. Mourão RHV. Atividade antioxidante do óleo essencial de *Myrcia sylvatica* (G. Mey.) DC. por diferentes métodos de análises antioxidantes (ABTS, DPPH, FRAP, β caroteno/ácido linoleico). **Revista Fitos**. 12:117-126, 2018.
- SOARES, Ka.M. P.; SILVA, J. B. A.; GÓIS, V. A. Parâmetros de qualidade de carnes e produtos cárneos: uma revisão. **Higiene Alimentar**, v. 31, n. 268/269, p. 87-94, 30 jun. 2017.
- ŠOJÍČ, Branislav et al. Effect of nutmeg (*Myristica fragrans*) essential oil on the oxidative and microbial stability of cooked sausage during refrigerated storage. **Food Control**, v. 54, p. 282-286, 2015. ISSN 0956-7135. Disponível em: <http://doi.org/10.1016/j.foodcont.2015.02.007>. Acesso em: 01 Dez 2023.
- SPRICIGO, C. B.. **Extração de óleo essencial de noz-moscada com dióxido de carbono a altas pressões**. 1998. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico, Florianópolis, SC. Orientador: Leonel Teixeira Pinto. Coorientador: Ariovaldo Bolzan. xv, 100f. Ilustrações, gráficos, tabelas. Disponível em: <http://repositorio.ufsc.br/xmlui/handle/123456789/77442>>. Acesso em: 27 out. 2023.
- TERÇARIOL, F. et al. Embutido cárneo fermentado tipo copa com utilização de probiótico e submetido à alta pressão. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 6, p. 38878–38889, 2020.
- TOZO, I. A. **Tocobiol® e extrato de acerola como antioxidantes naturais em salame tipo milano**. Disponível em: <http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/30748>. Acesso em: 3 jun. 2023.
- TRAESEL, G. K. et al. Oral acute and subchronic toxicity studies of the oil extracted from pequi (*Caryocar brasiliense*, Camb.) pulp in rats. **Food and Chemical Toxicology**, v. 97, n. 3, p. 224-231, 2016. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.fct.2016.09.018>.v.51, p.15-25, 2013.
- VALENZUELA V, C.; PEREZ M, P. Actualización en el uso de antioxidantes naturales derivados de frutas y verduras para prolongar la vida útil de la carne y productos cárneos. **Rev. chil. nutr.**, Santiago, v. 43, n. 2, p. 188-195, jun. 2016. Disponible en http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-75182016000200012&lng=es&nrm=iso. Accedido en 04 jun. 2023.

VYNCKE, W. Determinação direta do valor do ácido tiobarbitúrico em extratos de ácido tricloroacético de peixes como medida de ranço oxidativo. **Fett-lipídio**, v. 72, p. 1084-1087, 1970.

XIONG, Y. L. Protein oxidation and implications for muscle food quality. In: **Antioxidants in muscle foods: nutritional strategies to improve quality**. New York: Wiley and Sons, 2000. p. 85-90.

YAMADA, E. A. **Importância da qualidade das matérias-primas cárneas no processamento de embutidos**. Campinas: Centro de Tecnologia de Carnes (CTCITAL), maio, p. 132-146, 2005.

ZEECE, M. **Food additives**. In: Introduction to the Chemistry of Food. Elsevier, 2020. p. 251-311.