

**Universidade de São Paulo  
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”**

**Efeito das proantocianidinas da casca de jatobá (*Hymenaea courbaril*) sobre a qualidade físico-química e sensorial da salsicha de frango armazenada sob refrigeração**

**Carlos Eduardo Cardoso de Aguiar Freire**

Dissertação apresentada para obtenção do título de Mestre em Ciências. Área de concentração: Ciência e Tecnologia de Alimentos

**Piracicaba  
2023**

**Carlos Eduardo Cardoso de Aguiar Freire**  
**Médico Veterinário**

**Efeito das proantocianidinas da casca de jatobá (*Hymenaea courbaril*)  
sobre a qualidade físico-química e sensorial da salsicha de frango  
armazenada sob refrigeração**

Versão revisada de acordo com a resolução CoPGr 6018 de 2011

Orientadora:

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. **CARMEN JOSEFINA CONTRERAS-CASTILLO**

Dissertação apresentada para obtenção do título de  
Mestre em Ciências. Área de concentração: Ciência e  
Tecnologia de Alimentos

**Piracicaba**  
**2023**

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação**  
**DIVISÃO DE BIBLIOTECA – DIBD/ESALQ/USP**

Freire, Carlos Eduardo Cardoso de Aguiar

Efeito das proantocianidinas da casca de jatobá (*Hymenaea courbaril*) sobre a qualidade físico-química e sensorial da salsicha de frango armazenada sob refrigeração / Carlos Eduardo Cardoso de Aguiar Freire. - - versão revisada de acordo com a resolução CoPGr 6018 de 2011. Piracicaba, 2023.

69 p.

Dissertação (Mestrado) - - USP / Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz".

1. Fenólicos 2. Produtos cárneos 3. Sensorial 4. Antioxidante natural I. Título

“ Pelo carinho, afeto, dedicação e amor oferecidos a mim, a minha família dedico inteiramente essa conquista”.

## AGRADECIMENTOS

A minha família, por todo apoio, amor e carinho. Muito obrigado por acreditarem em mim, e por serem minha base de sustentação na vida. Em especial: Aos meus avós Rita e José, a minha mãe Diana, minha irmã Amanda e meus tios Fábio, Flávio e Boni.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES), pela bolsa de mestrado (código 001).

A minha orientadora Prof.<sup>a</sup> Carmen J. Contreras-Castillo, pelas oportunidades e por todo conhecimento dispensado a mim durante o mestrado.

A Mariana D. Baccarin Dargelio (Mari), a melhor técnica de laboratório que já conheci, obrigado pelo apoio, profissionalismo, sugestões, orientações e todos os ensinamentos durante o mestrado, muito obrigado por ter sido muitas vezes nosso apoio e ter permitido que essa etapa tão importante na minha vida fosse um pouco mais leve.

Ao Prof. Erick Saldaña Villa, pelo apoio com a análise estatística, pelo compartilhamento de conhecimentos e por toda paciência em ensinar.

Ao Prof. Manuel Plata Oviedo, pela oportunidade, acolhimento, conhecimentos e experiências compartilhados, por toda paciência e pelas melhores cervejas de Campo Mourão/PR.

Aos meus amigos Tiago e Maxdouglass, pela amizade, parceria e por compartilharem comigo os melhores momentos que vivi em Piracicaba/SP, sem vocês, essa experiência não teria a mesma qualidade.

A Claudia Maria da Silva do laboratório LANALI, pela análise de proteína gentilmente fornecida para o desenvolvimento do estudo.

A Adriane Patinho pelo apoio e empatia, por ser essa pessoa de luz, ajudando e iluminando a vida daqueles que precisam, apenas por ajudar.

As minhas amigas Carolina, Iliani e Cecylyana, pela amizade, apoio emocional, por todos os momentos felizes que compartilhamos na ESALQ e fora dela, por todo conhecimento compartilhado e lealdade. Com certeza um dos meus maiores ganhos no mestrado foi a amizade de vocês.

Aos estagiários do laboratório de qualidade e processamento de carnes, pela dedicação, comprometimento e por toda ajuda com as análises realizadas no laboratório.

A Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, pela oportunidade de cursar o mestrado em um programa de pós-graduação de excelência, e por todas as oportunidades que me fizeram evoluir no âmbito acadêmico e pessoal.

A todos os colaboradores e docentes da ESALQ, em especial a todos pertencentes ao Departamento de Agricultura, Alimentos e Nutrição.

“ A ignorância gera mais frequentemente confiança do que o conhecimento: são os que sabem pouco, e não aqueles que sabem muito, que afirmam de uma forma tão categórica que este ou aquele problema nunca será resolvido pela ciência”.

**Charles Darwin**

## SUMÁRIO

RESUMO.....	9
ABSTRACT .....	10
LISTA DE FIGURAS .....	11
LISTA DE TABELAS .....	12
1 INTRODUÇÃO .....	13
2 OBJETIVOS .....	15
2.1 Objetivo geral .....	15
2.2 Objetivos específicos .....	15
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	17
3.1 Carne .....	17
3.2 Produtos cárneos emulsionados .....	18
3.3 Salsicha.....	19
3.4 Carne mecanicamente separada (CMS) de frango.....	22
3.5 Oxidação lipídica.....	23
3.6 Proantocianidinas.....	29
3.7 Efeito antioxidante e antibacteriano .....	33
4 MATERIAL E MÉTODOS .....	31
4.1 Proantocianidinas.....	31
4.2 Adsorção do extrato líquido ao amido.....	31
4.3 Capacidade antioxidante do extrato .....	31
4.3.1 Teor de compostos fenólicos totais .....	31
4.3.2 Atividade antioxidante pelo método de sequestro do radical (ABTS) .....	32
4.3.3 Atividade antioxidante pelo método de redução do ferro (FRAP) .....	32
4.3.4 Sequestro do radical peroxila (ROO).....	33
4.3.5 Atividade antirradical livre (DPPH).....	33
4.4 Avaliação da toxicidade aguda <i>in vivo</i> no modelo <i>galleria mellonella</i> .....	34
4.5 Material e processamento da salsicha de frango .....	36
4.5.1 Avaliação físico-química da salsicha de frango .....	38
4.5.2 Composição centesimal.....	38
4.5.3 Determinação da oxidação lipídica (TBARs) .....	38
4.5.4 Análise de atividade de água (Aw) .....	38
4.5.5 Potencial hidrogeniônico (pH).....	39



4.5.6 Avaliação da cor objetiva .....	39
4.5.7 Análise de perfil de textura (TPA).....	40
4.5.8 Análise microbiológica.....	41
4.5.9 Análise sensorial .....	41
4.6.10 Perfil descritivo otimizado (PDO) .....	41
4.6.11 Recrutamento, seleção e desenvolvimento do vocabulário .....	41
4.6.12 Delineamento experimental e análise estatística .....	46
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	47
5.1 Composição centesimal.....	47
5.2 Determinação da oxidação lipídica (TBARS).....	49
5.3 Análise de atividade de água (Aw), pH e cor objetiva.....	50
5.4 Análise de perfil de textura (TPA) .....	52
5.5 Análise microbiológica .....	54
5.6 Análise sensorial .....	54
5.7 Análise de componentes principais (PCA).....	58
6 CONCLUSÕES.....	61
REFERÊNCIAS .....	62

## RESUMO

### **Efeito das proantocianidinas da casca de jatobá (*Hymenaea courbaril*) sobre a qualidade físico-química e sensorial da salsicha de frango armazenada sob refrigeração**

As proantocianidinas são compostos fenólicos amplamente encontrados em produtos vegetais, como folhas, frutos, caules e sementes. Seus benefícios são descritos pela literatura, com diversas aplicabilidades tecnológicas e funcionais, sendo considerado um excelente antioxidante natural, podendo apresentar ótimos resultados quando aplicado em alimentos. O presente estudo teve como objetivo principal desenvolver uma formulação de salsicha de frango com proantocianidinas e avaliar seus efeitos nos parâmetros de cor, perfil de textura, sensorial, centesimal, microbiológico e atividade antioxidante. O experimento foi realizado através de 5 tratamentos, sendo F1 = formulação sem antioxidante, F2 = formulação com eritorbato de sódio, F3 = 0,5% de amido com proantocianidina, F4 = 1% de amido com proantocianidina e F5 = 1,5% de amido com proantocianidina, com avaliação nos tempos de 1, 7, 14 e 28 dias. A proantocianidina foi adsorvida em fécula de mandioca e adicionada nessas proporções mencionadas. Nos parâmetros físico-químicos, a adição de proantocianidina não demonstrou alterações significativas nas formulações, mas, através da análise estatística, observou-se efeito significativo nos parâmetros de cor ( $L^*$ ), sendo verificada a diminuição da luminosidade com o aumento na concentração de amido com proantocianidinas e no decorrer do tempo de armazenamento. Nos parâmetros texturais, poucas alterações foram observadas, sem diferenças significativas nos tratamentos adicionados de proantocianidina. Com a análise de Perfil Descritivo Otimizado (PDO) aplicado para a análise sensorial, foi possível observar diferença significativa ( $P < 0,05$ ) em todos os atributos, aplicados para todos os tratamentos, com maior destaque para os tratamentos com maiores concentrações de proantocianidina (F4 e F5), onde os avaliadores treinados relataram realce no sabor de condimentos e pimenta. De acordo com os resultados obtidos, foi possível concluir que a adição de proantocianidina adsorvida em fécula de mandioca foi capaz de agregar características sensoriais positivas ao produto, entretanto não demonstrou significância nos parâmetros físico-químicos e instrumentais.

Palavras-chave: Compostos fenólicos, Produtos cárneos, Análise sensorial, Antioxidante natural

## ABSTRACT

### **Effect of proanthocyanidins from jatobá (*Hymenaea courbaril*) bark on the physicochemical and sensory quality of chicken sausage stored under refrigeration**

Proanthocyanidins are phenolic compounds widely found in plant products, such as leaves, fruits, stems, and seeds. Their benefits are described in the literature, with several instrumental and functional applications, being considered an excellent natural antioxidant, and can present great results when applied to food. The present study had as main objective to develop a formulation of chicken sausage with proanthocyanidins and evaluate its technological effects, as in the parameters of color, texture profile, sensorial, centesimal, microbiological and antioxidant activity. The experiment was carried out through 5 treatments, being F1 = formulation without antioxidant, F2 = formulation with erythorbate, F3 = 0.5% of proanthocyanidin, F4 = 1% of proanthocyanidin and F5 = 1.5% of proanthocyanidin, with evaluation in times of 1, 7, 14 and 28 days. The proanthocyanidin was adsorbed in cassava starch and added in these mentioned proportions. In the physical-chemical parameters, the addition of proanthocyanidin did not show significant changes in the formulations, but it was possible to observe significant differences in statistical analysis in the parameters of color ( $L^*$ ), where it was possible to observe an unfolding in the observed times, with a decrease in brightness according to the concentration of proanthocyanidin and over time. In the textural parameters, few changes were observed, with no significant differences in the treatments added proanthocyanidin. With the analysis of Optimized Descriptive Profile (ODP) applied for sensory analysis, it was possible to observe significant difference ( $P = < 0.05$ ) in all attributes, applied to all treatments, with greater emphasis on the treatments with higher concentrations of proanthocyanidin (F4 and F5), where the semi trained evaluators reported enhancement in the flavor of spices and pepper. In conclusion, it was possible to conclude that the addition of proanthocyanidin adsorbed in cassava starch was able to add positive sensory characteristics to the product, however, it did not show significance in physicochemical and instrumental parameters.

Keywords: Phenolics compounds, Meat products, Sensory analysis, Natural antioxidant

**LISTA DE FIGURAS**

Figura 1. Fluxograma de produção da salsicha.....	22
Figura 2. Estrutura molecular das proantocianidinas do tipo A e b .....	25
Figura 3. Esquema da capacidade funcional das proantocianidinas.....	26
Figura 4. Análise da toxicidade aguda da proantocianidina <i>in vivo</i> no modelo <i>Galleria Mellonella</i> .....	35
Figura 5. Processamento da salsicha .....	37
Figura 6. Análise de cor e pH da salsicha .....	39
Figura 7. Perfil de textura da salsicha .....	40
Figura 8. Análise sensorial .....	45
Figura 9. Análise de cor (L*).....	52
Figura 10. Análise de componentes principais (PCA) .....	59

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Limites de ingredientes permitidos em formulação de salsichas no Brasil. .....	21
Tabela 2. Matriz, extração e caracterização das proantocianidinas .....	28
Tabela 3. Proantocianidinas, conteúdo fenólico total e atividade antioxidante do extrato de Jatobá.....	33
Tabela 4. Formulação da salsicha de frango com tratamento controle, eritorbato e proantocianidinas.....	36
Tabela 5. Lista de identificação dos atributos, definições de atributos, técnicas de avaliação e referências de pouco e muito.....	42
Tabela 6. Composição centesimal da salsicha de frango com adição de proantocianidinas.....	47
Tabela 7. TBARS, atividade de água, pH e cor instrumental da salsicha de frango com adição de proantocianidina .....	50
Tabela 8. Textura instrumental da salsicha de frango com adição de proantocianidinas .....	53
Tabela 9. Análise microbiológica da salsicha de frango com adição de proantocianidinas.....	54
Tabela 10. Atributos sensoriais da salsicha de frango com adição de proantocianidinas .....	57

## 1 INTRODUÇÃO

Motivada pelo grande desafio de atender a demanda de consumidores cada vez mais conscientes e exigentes, a indústria de alimentos vem buscando alternativas para substituir seus ingredientes convencionais, por ingredientes funcionais, que embora sejam necessários para a produção tradicional de certos produtos, como os derivados cárneos, por exemplo, estão diretamente ligados a questões sensoriais, econômicas e de saudabilidade. Em derivados cárneos, essa preocupação é muito mais evidente, devido à presença de aditivos adicionados para conferir sabor, estabilizar a cor, aumentar o tempo de vida útil, e garantir a inocuidade necessária para um alimento seguro (Paglarini et al., 2021).

Estudos recentes demonstram que é possível substituir ingredientes sintéticos nos alimentos processados por alternativas naturais e mais saudáveis, economicamente viáveis e que conseguem garantir a segurança, e as características sensoriais esperadas de diversos produtos. De forma geral, os alimentos considerados aptos para o consumo humano, devem ser microbiologicamente seguros, nutritivos e devem atender às características sensoriais esperadas pelos consumidores (Câmara et al., 2020).

Produtos cárneos e de pesadão, como o hambúrguer de peixe ou salsicha de frango, por exemplo, estão propensos a oxidação lipídica e proteica, e isso justifica a utilização de antioxidantes sintéticos, como o eritorbato de sódio, pois essas alterações são capazes de modificar as características sensoriais desses produtos, alterando cor e sabor, tornando o alimento indesejável sensorialmente (Song et al., 2021). Por esses motivos, alguns estudos visam a substituição de antioxidantes convencionais, por outras alternativas naturais, cujo objetivo principal é garantir e melhorar as características desejáveis dos alimentos, de forma mais saudável e economicamente viável (Xiong, 2021).

Uma forma interessante para a substituição de alguns ingredientes sintéticos na formulação da salsicha seria a adição de proantocianidinas, pois elas são capazes de conferir efeitos antioxidante, antimicrobiano e ainda melhorar a capacidade de retenção de água (CRA), como já vem sendo apresentado em outros estudos (Alshabani; Zhang; Wu, 2017). Em salsichas, esses fatores são extremamente importantes, já que a qualidade microbiológica e oxidativa podem determinar o tempo de vida útil do produto, assim como a CRA, que é uma propriedade fundamental em

produtos cárneos por causa da sua implicação direta na qualidade do produto, além de rendimento de produção. Diminuir a perda de água é muito importante para que o produto mantenha seu sabor, textura, maciez e suculência conforme o esperado (Sebranek, 2011).

Por esses motivos, e na tentativa de oferecer uma nova formulação para salsichas que seja capaz de melhorar aspectos sensoriais e instrumentais, o presente estudo teve como objetivo avaliar a capacidade funcional e antioxidante de um amido enriquecido com proantocianidinas, no desenvolvimento de salsicha de frango. De tal modo pretende-se ampliar as fronteiras do conhecimento tecnológico sobre as propriedades funcionais e antioxidantes no uso do amido enriquecido em produtos cárneos emulsionados, contribuindo para que a indústria de alimentos possa dispor de mais opções tecnológicas na produção de produtos cárneos emulsionados mais saudáveis.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo geral**

- Avaliar a capacidade das proantocianidinas da casca de jatobá (*Hymenaea courbaril*) como antioxidante natural em salsicha de frango.

### **2.2 Objetivos específicos**

- Extrair e determinar os compostos fenólicos do extrato da casca do jatobá
- Determinar a capacidade antioxidante do extrato de casca de Jatobá
- Avaliar as melhorias da formulação proposta de salsicha de frango em comparação com uma formulação convencional nos atributos funcionais e instrumentais
- Avaliar os atributos e características sensoriais da salsicha desenvolvida.





### 3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1 Carne

Desde o surgimento dos primeiros ancestrais do homem na terra, há milhares de anos, o consumo regular da carne tem demonstrado a sua importância na saúde e evolução humana em diversos aspectos, desde o fornecimento de proteínas de alto valor biológico, além de vitaminas essenciais para o nosso organismo, como a vitamina B9, B12 e minerais, como o zinco, selênio, ferro e fósforo, entre outros (Ilippangama et al., 2021).

As projeções para o ano de 2050 indicam que a população mundial irá aumentar de 7,8 para 9,9 bilhões de pessoas, exigindo pelo menos o dobro da produção global de alimentos para suprir essa demanda (Population Reference Bureau, 2020). Ao mesmo tempo, as dietas estão mudando e alcançando melhores resultados nutricionais em todo o mundo devido ao crescimento econômico e à redução da pobreza. No entanto, as parcelas mais ricas da população consomem quantidades maiores de carne e outros produtos de origem animal (Toldrà et al., 2021).

Além da carne bovina, a carne de frango e de suíno, também representam um espaço importante no consumo diário de proteína animal, na dieta da população e no mercado internacional, principalmente pela soma de fatores, como o valor agregado ser mais baixo e por serem consideradas mais saudáveis, com menor percentual de gordura (CONAB, 2018).

De acordo com o Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA) os EUA são classificados como o maior produtor de carne de frango do mundo, representando uma produtividade de 20,24%, seguido pelo Brasil que produz 14,17% de todo o frango consumido no mundo, União Europeia em terceiro lugar com 12,88%, e China com 12,24%. Somados, os quatro maiores produtores, representam 59,54% de toda a produção de frango no mundo (EPAGRI, 2017).

No Brasil, a maior produção de frango está concentrada na região sul do país, com o Paraná respondendo por 31,9%, Santa Catarina 13,8% e Rio Grande do Sul 12,5%, o que somados, representam 58,2% da produção de frango do país (EPAGRI, 2017).

### 3.2 Produtos cárneos emulsionados

Com o aumento populacional constante, além da necessidade de aumentar a produção de alimentos, outras alternativas de alimentos também deverão começar a fazer parte da dieta humana, com o objetivo de suprir a demanda de nutrientes necessários para o equilíbrio do organismo. Além disso, existe uma tendência de se aproveitar ao máximo os alimentos, assim como seus subprodutos e coprodutos (Toldrá et al., 2021).

Os produtos cárneos emulsionados como as salsichas e mortadelas, são um ótimo exemplo de aproveitamento alimentar, pois além da carne utilizada na sua produção, praticamente todos os coprodutos podem fazer parte de suas listas de ingredientes, incluindo as vísceras, que representam de 7 à 17 % do peso do animal vivo, pele e gordura, que podem fornecer um alimento com ótimo valor nutricional, de baixo custo, o que facilita a acessibilidade às famílias de baixo poder aquisitivo e aumenta o rendimento produtivo nas indústrias (Toldrá et al., 2021).

A emulsificação cárnea é uma tecnologia importante no processamento de produtos cárneos, e é realizada através da emulsificação de proteínas, gordura e água. A definição literal para a emulsão verdadeira seria, a mistura dois líquidos imiscíveis, (água + óleo), sendo um deles disperso no outro no estado coloidal. As proteínas miofibrilares e gordura presentes na mistura, conferem características às salsichas, que se assemelham à emulsão verdadeira (KIM et al., 2021).

E conforme o Regulamento de Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal (RIISPOA, 2017), é permitida a adição de outros ingredientes com finalidades tecnológicas que possa ajudar na homogeneização da massa.

A adição de água na emulsão é parte do processo tecnológico extremamente importante do processo, pois ajuda a recuperar parte da perda de água já esperada, e o gelo ajuda a manter a temperatura mais baixa, o que contribui para a estabilidade da emulsão, assim como o amido, que retém parte da água adicionada e favorece a retenção de umidade através da gelificação, quando em contato com a água (Ahmed et al., 2017).

Além de melhorar o sabor, o sal é de extrema importância na emulsão, pois auxilia na ligação da água, na emulsão das proteínas miofibrilares, além de promover a ligação das proteínas, fazendo com que o produto se torne mais consistente e homogêneo (d'Oliveira, 2018).

Com o objetivo de conferir sabor e aromas característicos, as especiarias são ingredientes normalmente utilizados nas formulações, assim como os intensificadores de sabor, para deixar o produto mais saboroso e atraente ao paladar dos consumidores (Ahmed et al., 2017).

Segundo d'Oliveira (2018) o uso de antioxidantes, como o eritorbato de sódio possui função relevante na qualidade e vida útil do produto, pois previne a deterioração que pode ser causada pela oxidação, evitando assim, sua rancidez.

Recomenda-se o uso de um ou mais conservantes, com o intuito de evitar o crescimento de microrganismos patogênicos, como o nitrito de sódio, garantindo a inocuidade e qualidade do produto (d'Oliveira, 2018).

### 3.3 Salsicha

Com seus primeiros registros datados desde 500 a.C., a salsicha pode ser considerada um dos produtos cárneos mais antigos na história da sociedade. Formulada principalmente com carne bovina e/ou suína, a salsicha é um alimento extensamente consumido em diversas partes do mundo, por causa de sua facilidade de preparo, características sensoriais e custo reduzido (Sakata, 2010).

A sua popularidade demonstrou importância para o segmento, e muito disso se deve por causa da alta demanda de produção, que a partir do ano de 2015 passou a ter um aumento de 3,07% ao ano, nas refeições dos brasileiros, e no ano seguinte chegou a ser consumida 331.406 toneladas durante o ano (IEA, 2017).

De acordo com o artigo 300 do RIISPOA (2017), a salsicha pode ser definida como, o produto cárneo obtido de uma ou mais espécies de animais, com adição ou não de gordura, pele, miúdos e de partes animais comestíveis, com adição de ingredientes e de condimentos específicos, embutido em envoltório natural ou artificial de calibre próprio e submetido a processo térmico característico.

As salsichas podem ser definidas conforme a composição da sua matéria-prima e técnica de produção, de acordo com o anexo IV, da instrução normativa nº4, de 31 de março de 2000 (Brasil, 2000):

**Salsicha** - Carnes de diferentes espécies de animais de açougue, carnes mecanicamente separadas até o limite máximo de 60%, miúdos comestíveis de diferentes espécies de animais de açougue (Estômago, Coração, Língua, Rins, Miolos, Fígado), tendões, pele e gorduras.

**Salsicha Tipo Viena** - Carnes bovina e/ ou suína e carnes mecanicamente separadas até o limite máximo de 40%, miúdos comestíveis de bovino e/ ou suíno (Estômago, Coração, Língua, Rins, Miolos, Fígado), tendões, pele e gorduras.

**Salsicha Tipo Frankfurt** - Carnes bovina e/ ou suína e carnes mecanicamente separadas até o limite de 40%, miúdos comestíveis de bovino e/ ou suíno (Estômago, Coração, Língua, Rins, Miolos, Fígado) tendões, pele e gorduras.

**Salsicha Frankfurt** - Porções musculares de carnes bovina e/ ou suína e gorduras.

**Salsicha Viena** - Porções musculares de carnes bovina e/ ou suína e gordura.

**Salsicha de Carne de Ave** - Carne de ave e carne mecanicamente separada de ave, no máximo de 40%, miúdos comestíveis de ave e gorduras.

O critério na escolha e seleção da matéria-prima é extremamente essencial na produção da salsicha de qualidade, entretanto, as carnes utilizadas para a produção de salsichas são normalmente de baixo valor agregado, mas devem ter a inocuidade assegurada e serem aptas para o consumo humano, conforme determina o Art. 280, do RIISPOA (2017).

Os diferentes tipos de matéria-prima incorporados na formulação possuem funções distintas, como os cortes cárneos do dianteiro bovino, que possuem maiores quantidades de proteínas miofibrilares, que são consideradas proteínas ligadoras, apresentando característica emulsificante. A pele e vísceras também podem ser utilizadas nas formulações, mas com a função de dar volume, já que não apresentam capacidade de ligação. Os cortes suínos normalmente são adicionados para deixar o produto mais palatável e macio.

Para atender consumidores mais exigentes e com o objetivo de atingir outros nichos mais específicos, a carne de aves passou a ser utilizada na produção de salsichas, para suprir a demanda daqueles que procuram por alimentos com menor quantidade de gordura, os quais estão conscientemente mais associados às carnes brancas.

Para serem consideradas aptas para o consumo, devem atender a legislação vigente no Brasil no que diz respeito aos requisitos sensoriais, como, textura, cor, sabor e odor característicos, assim como seus limites de ingredientes (Tabela 1) e como seus parâmetros físico-químicos, onde a proteína deve estar presente no valor mínimo de 12%, e valores máximos de umidade (65%), carboidratos totais (7%), amido (2%), gordura (30%) e cálcio (0,90%) (Brasil, 2020).

**Tabela 1** – Limite de ingredientes permitidos em formulação de salsichas.

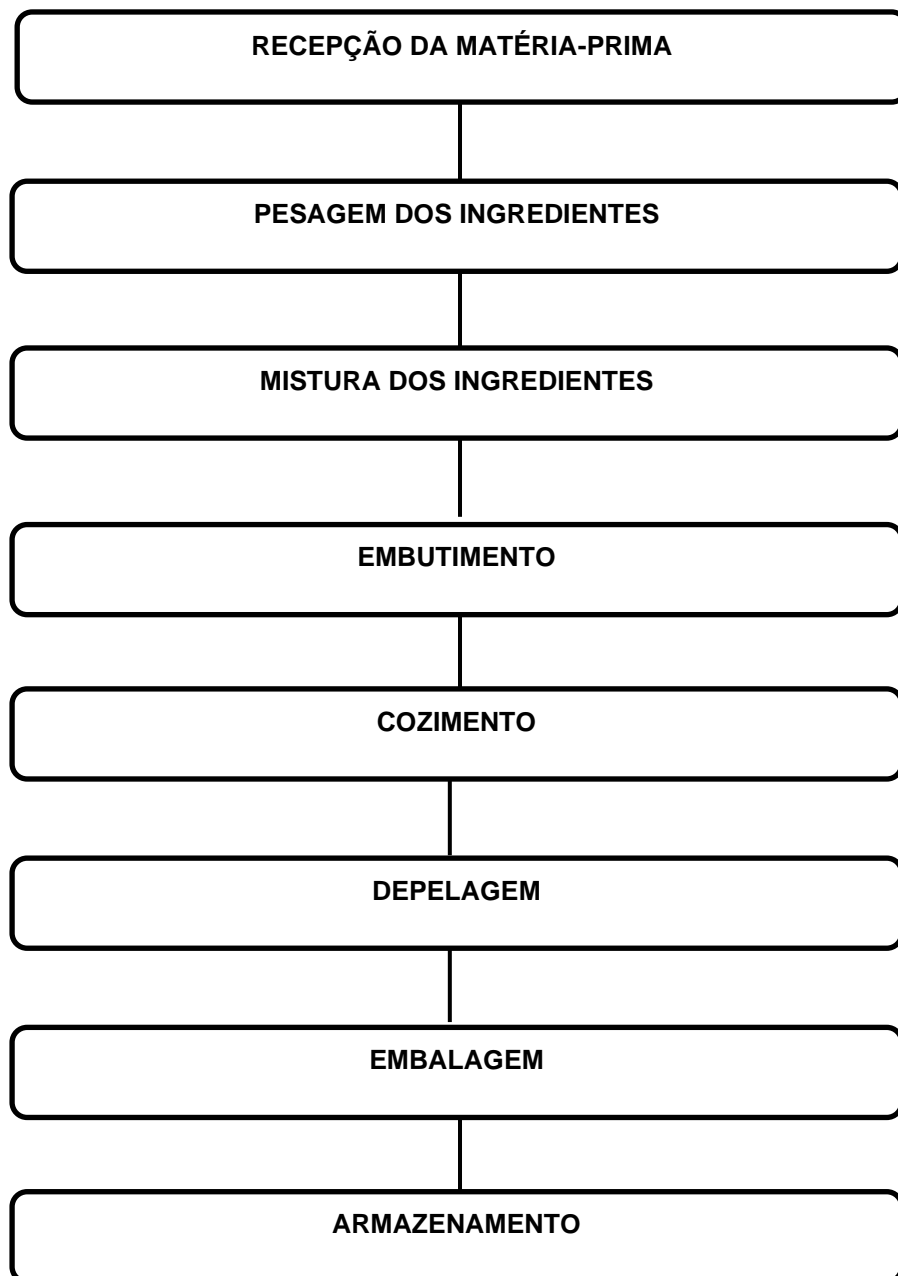
<b>Ingrediente</b>	<b>Limite máximo (%)</b>
CMS	60%
Miúdos comestíveis	10%
Proteínas de origem vegetal	4,00%
Amido	2,00%
Gordura	30,00%
Água	10,00%

Fonte: Padrão de identidade e qualidade da salsicha, Brasil (2020).

No Brasil, é permitido a utilização de carne mecanicamente separada (CMS) de frango na salsicha, com limite de até 60%, além disso ingredientes opcionais também podem ser adicionados, como as vísceras (coração, rins, tendões, estômago, língua) no limite de 10%. Com limite máximo de até 4%, outros ingredientes também podem ser adicionados, como, aditivos intencionais, aromas, especiarias, proteína vegetal, gordura animal ou vegetal e condimentos (Brasil, 2000).

Aditivos, como o nitrito e nitrato podem ser utilizados com a função de conservantes, desde que respeitados os limites máximos de uso para o produto, sendo de 0,015% para produtos cárneos (Brasil, 2000). O gelo ou água podem ser utilizados na emulsão para ajudar na homogeneização dos ingredientes da mistura.

O fluxograma de produção de salsichas pode variar um pouco, de acordo com a necessidade, como em um produto artesanal, por exemplo, mas basicamente envolve as seguintes etapas de produção (Figura 1).



**Figura 1** – Fluxograma de produção da salsicha.  
Fonte: Leão (2014).

### **3.4 Carne mecanicamente separada (CMS) de frango**

Segundo o artigo 286 da instrução normativa n.4, de 2000, que dispõe do regulamento técnico de identidade e qualidade da carne mecanicamente separada, o mesmo define que, carne mecanicamente separada é o produto obtido da remoção da carne dos ossos que a sustentam, após a desossa de carcaças de diversas espécies de animais de açougue, desde que autorizadas previamente pelo Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento, utilizando-se para devido fim, métodos que possam resultar na modificação completa ou perda da estrutura das fibras musculares.

A composição da CMS pode variar de acordo com a matéria-prima, mas basicamente é constituída por tecidos musculares, adiposos e conectivos. Conforme a pressão utilizada sobre a matéria-prima, a qualidade da CMS pode ser bem distinta, pois quanto maior for a pressão empregada, maior será a quantidade de ossos e tendões ou outros tecidos no produto (Nakano; Ozimek & Betti, 2012). Os processos utilizados para a obtenção da CMS consistem em submeter a matéria-prima a uma leve pressão, com o objetivo de separar a carne da superfície óssea, rechaçando a medula óssea e em um segundo momento, a carne é prensada contra uma peneira, até que se obtenha a CMS. No Brasil, é proibido o processamento de CMS com carcaças de estabelecimentos terceiros (Surowiec et al., 2011).

O uso da CMS pode ser uma alternativa muito útil para a produção de diversos produtos cárneos, como salsichas, mortadelas, salames, linguiças, almôndegas e hambúrguer, desde que se respeite os limites máximos em cada produto conforme a legislação determina. Quando obtida de forma correta, atendendo todas as exigências sanitárias envolvidas na produção de carnes e seus coprodutos, a CMS pode ser utilizada de forma segura, sem riscos à segurança dos alimentos, por conseguinte à saúde dos consumidores (Mielnik et al., 2002).

Além disso, a utilização da carne mecanicamente separada na indústria de produtos cárneos, pode contribuir de forma significativa, aumentando a lucratividade e agregando valor ao produto, contribuindo para o desenvolvimento do setor.

### **3.5 Oxidação lipídica**

Naturalmente presentes ou adicionados aos alimentos processados, os lipídios possuem uma função importante na nutrição e na agregação de sabor e características próprias de vários alimentos. Entretanto, a oxidação lipídica é a principal causa de perda na qualidade dos alimentos, tornando-se um grande desafio para a indústria de alimentos (Kolakawska e Bartosz, 2014).

Os lipídios presentes nos alimentos estão suscetíveis a reações oxidativas, resultando nos desenvolvimentos de sabores estranhos e perda de vitaminas lipossolúveis e outros compostos bioativos. A oxidação é um dos mecanismos mais importantes por trás da degradação não microbiana da carne. Além disso, os produtos secundários da oxidação lipídica também podem reagir com proteínas, peptídeos e aminoácidos, contribuindo para a oxidação proteica que pode resultar na perda de



aminoácidos essenciais e alterações na estrutura da proteína ou peptídeo levando à perda da função biológica (Estévez, 2015). Diversos fatores, como espécies de animais, raça, tipo de músculo, dieta, saúde e processos pós-abate, podem influenciar essas reações (Guyon; Meynier & Lamballerie, 2016).

Iniciada imediatamente após o abate, a oxidação de lipídios em carnes pode se estender além do post-mortem, durante a conversão do músculo em carne, ou até mesmo durante o armazenamento e processamento. Além disso, vários fatores podem influenciar a velocidade e intensidade da oxidação lipídica na carne, como, estresse, pH, temperatura ou até mesmo a adição de ingredientes e aditivos, como o sódio, por exemplo (Jin et al., 2012).

A oxidação de lipídios em emulsões é geralmente reconhecida como sendo muito complexa, pois pode incluir eventos de oxidação ou transferência de elétrons em todas as diferentes fases dos sistemas, tornando os mecanismos de oxidação de lipídios em emulsões muito diferentes e significativamente mais complexos do que oxidação de lipídios isolados. Portanto, embora as reações básicas de oxidação de lipídios em emulsões sejam exatamente as mesmas que aquelas de lipídios em estado natural, os fatores que afetam a oxidação de lipídios em emulsões, e notavelmente a importância de diferentes fatores intrínsecos, como íons de metal de transição e pH, diferem significativamente nas emulsões (Jacobsen et al., 2008).

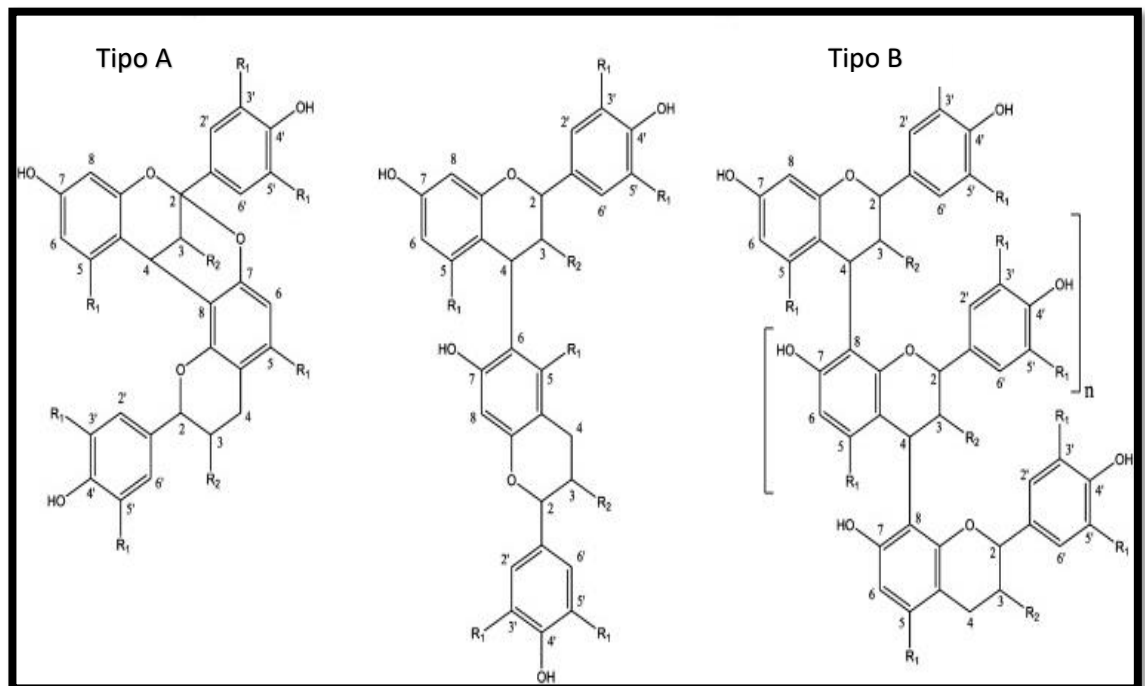
A oxidação geralmente ocorre mais rápido em emulsões do que em lipídios isolados. Os ácidos graxos poliinsaturados incorporados em emulsões são particularmente instáveis em relação à oxidação por causa das condições de processamento relativamente severas e necessárias para a fabricação da emulsão incluindo a exposição ao oxigênio e, em alguns casos, alta temperatura. Além disso, devido à sua composição altamente insaturada, os ácidos graxos poliinsaturados são particularmente lábeis no que diz respeito a uma infinidade de interações interfaciais com oxidantes, incluindo os radicais e íons metálicos (Jacobsen et al., 2008).

Por esses motivos, antioxidantes sintéticos e naturais são amplamente utilizados em produtos cárneos com o intuito de evitar esses efeitos indesejados, como as alterações de cor, aroma e sabor, que muitas vezes estão associados a rancidez (Erickson, 2008). Devido aos seus efeitos prejudiciais à saúde, os antioxidantes sintéticos são cada vez mais preteridos pelos consumidores, dando

espaço aos produtos naturais que desempenham a mesma função nos alimentos, e estão associados a saudabilidade (Mariutti & Bragagnolo, 2015).

### 3.6 Proantocianidinas

As proantocianidinas são compostos polifenólicos de alto peso molecular, oligômeros e polímeros de monômeros, resultante da polimerização de polihidroxi flavan-3-ol, e podem ser classificadas como tipo A ou tipo B (Figura 2). A estrutura molecular das proantocianidinas depende além da unidade de flavan-3-ol, mas também como do seu grau de polimerização e a posição em que as unidades são ligadas (Sun & Spranger, 2005).

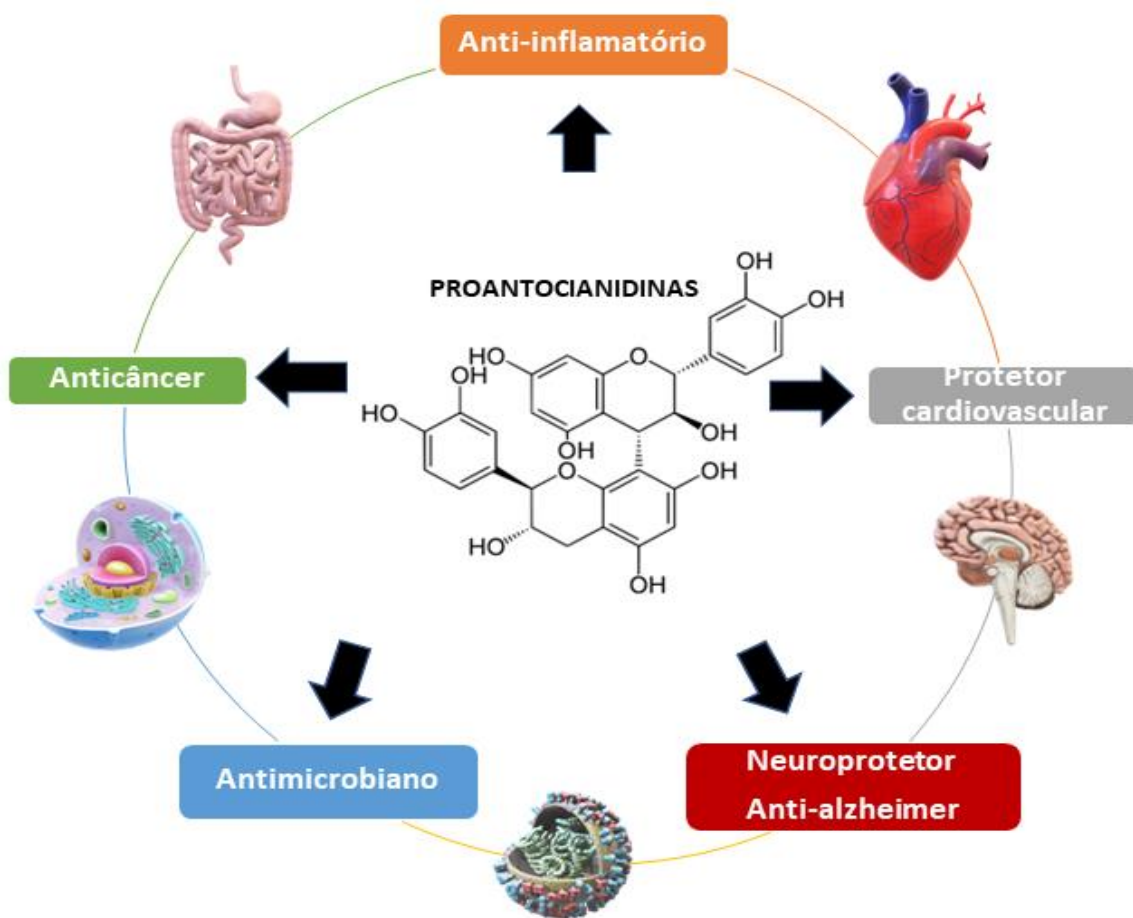


**Figura 2** – Estrutura molecular das proantocianidinas do tipo A e tipo B.  
Fonte: Neto et al.; (2020)

Começaram a ser estudadas em torno da década de 1940, quando Jacques Masquelier investigou a mistura de casca de pinheiro, utilizada como chá, pelos nativos americanos para tratar doenças, como o escorbuto, mas somente há quinze anos vem ganhando atenção especial da comunidade científica, por causa de seus benefícios preventivos a saúde humana (Neto et al., 2020, Lobo, 2020).

Através de seus estudos, o pesquisador determinou que as proantocianidinas monoméricas eram os principais componentes que conferem à bebida suas propriedades curativas, além de não serem prejudiciais à saúde (Lobo, 2020).

Na área da saúde, as proantocianidinas estão sendo amplamente estudadas, devido aos seus efeitos antioxidantes, antitumorais e anti-inflamatórios, com resultados muito positivos sobre doenças neurodegenerativas, como o Alzheimer ou Parkinson assim como algumas cardiomiopatias (Figura 3). As proantocianidinas conseguem efetivamente proteger os neurônios dos danos causados pelo estresse oxidativo, e com isso diminui as chances de morte celular por isquemia (Ruan et al., 2021).



**Figura 3** – Esquema da capacidade funcional das proantocianidinas na área da saúde, apresentando efeito cardioprotetor, antimicrobiano, anti-inflamatório, neuroprotetor, antioxidante, anti-alzheimer e anticâncer.

Estudos afirmam que o uso de proantocianidinas como suplementação na dieta de animais é extremamente eficaz na melhoria da capacidade antioxidante da carne e qualidade do leite, assim como também é capaz de atenuar o estresse oxidativo.

Também foi relatado que ruminantes que consomem esses polifenóis, podem reduzir efetivamente a produção de gás metano, assim como prevenir parasitoses gastrointestinais (Mu et al., 2021).

Segundo Bi et al. (2021), na indústria alimentícia, o uso de proantocianidinas têm sido bastante promissor, tanto na produção direta de alimentos, pois ajudam a garantir a qualidade e prolongar a vida útil dos produtos, quanto na fabricação de embalagens, onde seu potencial também pode ser observado, evitando a oxidação e inibindo a multiplicação de bactérias Gram-negativas e Gram-positivas e a formação de biofilme.

Segundo Song et al. (2021), a utilização de proantocianidinas, extraídas de sementes de uva e microencapsuladas em amido na formulação de salsichas de frango, pode apresentar excelentes resultados antioxidantes e antimicrobianos, em comparação com outros ingredientes sintéticos, melhorando a qualidade e estendendo o tempo de vida útil do produto.

Considerando a sua aplicação em alimentos como um antioxidante natural, o seu método de extração de ser levado em conta, pois alguns solventes podem deixar resíduos químicos em maior quantidade no extrato das proantocianidinas e isso pode causar alterações sensoriais ao alimento e toxicidade, portanto, para aplicá-lo de forma segura em alimentos deve-se dar prioridade aos solventes que são mais voláteis e deixem a menor quantidade de resíduos no extrato (Ji, Zhao, and Zhao 2022). Assim, novas metodologias devem ser estudadas para reduzir os resíduos de solventes e compostos químicos em extrações vegetais aplicáveis a alimentos, a fim de minimizar os riscos à saúde dos consumidores.

Amplamente distribuídas em produtos de origem vegetal, como frutas, sementes, cascas de árvores, folhas e flores, as proantocianidinas são estruturadas por monômeros, dímeros, trímeros e tetrâmeros, e podem ser extraídas e caracterizadas por diferentes métodos (Tabela 2). Os monômeros de proantocianidinas incluem as catequinas e epicatequinas, em quantidades variadas, podendo ser formadas de cinco a vinte por unidade, dependendo da fonte de extração. As proantocianidinas têm sido frequentemente estudadas, por chamarem atenção em muitos campos, como medicina, nutrição e na tecnologia de alimentos, devido à sua ótima capacidade antioxidante e funcional (Ruan et al., 2021).

**Tabela 2** - Matriz, extração e caracterização das proantocianidinas.

<b>Matriz</b>	<b>Extração</b>	<b>Caracterização</b>	<b>Referências</b>
Sementes de lótus	Acetonitrila, metanol e ácido fórmico (99%)	UPLC-PDCA-ESI, Análise -TOF-HRMS72-MS	Yu et al. 2022
Casca de caqui	Ácido ascórbico, acetona (70%), metanol	HPLC-DAD-ESI/MS	Ye et al. 2021
Maça	Metanol, acetona, etanol (80%)	Espectrometria de massa MALDI-TOF/MS	Alvarado et al. 2020
Cranberries	Metanol, acetona, etanol (80%)	Espectrometria de massa MALDI-TOF/MS	Alvarado et al. 2020
Casca de amendoim	Metanol, acetona, etanol (80%)	Espectrometria de massa MALDI-TOF/MS	Alvarado et al. 2020
Folha de kiwi	Acetona (80%), hexano, etanol	HPLC-QTOF-MS/MS	Lv et al. 2022
Marmelo chinês	Etanol, metanol, clorofórmio	UPLC LC-30, espectrofotômetro de massa Triple TOF5600	Wang et al. 2022
Jambolão	Acetona, etanol	Cromatografia líquida de alto desempenho acoplada à espectrometria de massa HPLC-MS	Sousa et al. 2022
Casca de semente de girassol	Acetona, ácido acético	HPLC-PAD-ESI microTOF/MS	De'Nobili et al. 2021
Mangostão, Cherimoya, Passifloraceae	Etanol, acetona, ácido clorídrico, metanol, ácido sulfúrico	Cromatografia em camada delgada de alto desempenho, espectrometria de massa	Rodríguez; Plaza; Marina, 2021
Casca do caule de Uapaca togoensis	Metanol	HPLC-ESI-QTOF/MS	Sinan et al., 2021
Canela de ceilão	Etanol (99,8%)	HPLC (Shimadzu)	Sousa et al. 2021
Bagaço de uva	HCL-butanol, sulfato férrico de amônio	HPLC-MS	Chantaca et al. 2021
Casca de Jatobá	Etanol	HPLC - LC-ESI-MS	Sasaki et al., 2009
Maracujá brasileiro	Metanol/água	HPLC-DAD e LC-MS/MS	Santos et al., 2021

Fonte: Autor, 2023

### 3.7 Efeito antioxidante e antibacteriano

Capaz de oferecer diversos benefícios a saúde, as proantocianidinas vem apresentando grande relevância especialmente quanto a capacidade antioxidante e anti-inflamatória (Liu et al., 2018). Diversos estudos relataram atividades biológicas do extrato de proantocianidinas de semente de uva incluindo atividades antioxidantes (Liu et al., 2018), resistência à toxicidade (Lu et al., 2018) e regulação do metabolismo energético e função mitocondrial (Pajuelo et al., 2011).

Como um agente antioxidante natural, o extrato de semente de uva contendo altos níveis de proantocianidinas foi amplamente relatado por melhorar a qualidade de produtos cárneos a base de frango (Brannan, 2010), peixe (Raeisi et al., 2014), carne suína (Libera et al., 2020) e carne bovina (Kulkarni et al., 2011).

A abordagem mais eficaz para inibir a oxidação de lipídios e proteínas em produtos cárneos emulsionados é o uso de antioxidantes na emulsão. Os antioxidantes retardam a oxidação eliminando os radicais livres, extinguindo os produtos de oxidação secundária e removendo ou inativando os pró-oxidantes (Ramsaha et al., 2015).

Ambos os antioxidantes sintéticos e naturais são normalmente utilizados para retardar a oxidação lipídica e proteica dos alimentos. Os antioxidantes naturais são preferidos por serem mais seguros e possuírem um apelo de saudabilidade (Kiokias & Varzakas, 2014).

Embora seus efeitos antibacterianos não sejam tão relevantes quanto seus efeitos antioxidantes, as Proantocianidinas podem apresentar efeito inibidor a diversos micro-organismos, como fungos, leveduras e bactérias, e nos últimos anos esses efeitos têm sido extensamente estudados e aplicados em diversos campos, desde a medicina até a produção de alimentos. Um dos motivos para tais interesses, seria o seu efeito bacteriostático sobre algumas cepas de bactérias patogênicas e deteriorantes em alimentos, como *Listeria monocytogenes* e *Salmonella entérica* (Alejo-Armijo et al. 2017), *Staphylococcus aureus* (Hatano et al. 2005) e *Bacillus cereus* (Wang et al. 2015).

Na produção de alimentos o uso de Proantocianidinas vem se mostrando bastante promissor, pois além dos seus efeitos funcionais, esses compostos agregam

valores de saudabilidade, em substituição de alguns ingredientes sintéticos, que são tidos como vilões da saúde (Unusan, 2020).

De acordo com Unusan (2020), as proantocianidinas extraídas de sementes de uva inibiram completamente bactérias Gram-positivas como *Bacillus cereus*, *Bacillus coagulans* e *Bacillus subtilis* em menores concentrações (850-1000 ppm) e bactérias Gram-negativas como *Pseudomonas aeruginosa* e *Escherichia coli* (1250-1500 ppm), em estudo realizado *in vitro*.

## **4 MATERIAL E MÉTODOS**

### **4.1 Proantocianidinas**

As proantocianidinas foram extraídas conforme Ostroschi et al. (2018), com adaptações. Para isso, o pó da casca do Jatobá, previamente seco em estufa com ventilação forçada à 40 °C, por 24 horas e moído, foi adicionado a uma solução aquosa de etanol (96%, p/p) na proporção de 1:7,5 (p/p) e a solução foi aquecida em frasco fechado até a fervura em micro-ondas (potência máxima). Após a fervura, o frasco contendo o extrato foi levado ao micro-ondas novamente por mais 4 minutos (20% da potência). Após o resfriamento do extrato em temperatura ambiente, o líquido foi filtrado em filtro de papel e utilizando bomba a vácuo, para a completa retirada de resíduos sólidos.

O extrato líquido foi evaporado em rotaevaporador a 50°C, até que permanecesse uma quantidade mínima de etanol, o suficiente para facilitar a retirada do extrato do balão de rotação, sem grandes dificuldades. O extrato foi armazenado em frasco âmbar ao abrigo de luz, até a próxima etapa de adsorção em amido.

### **4.2 Adsorção do extrato líquido ao amido**

O extrato líquido foi adicionado ao transportador (Fécula de mandioca), homogeneizado e levado a estufa com ventilação forçada à 52°C por 45 minutos, ou até que estivesse completamente seco. Após esse procedimento o produto foi homogeneizado manualmente, até que se obtivesse um “pó” uniforme, o que garantiu que as propriedades funcionais estivessem bem misturadas ao amido.

### **4.3 Capacidade antioxidante do extrato**

#### **4.3.1 Teor de compostos fenólicos totais**

O extrato de Jatobá foi avaliado quanto à sua capacidade antioxidante conforme Al-Duais et al. (2009). Os compostos fenólicos foram quantificados através do método de Folin-Ciocalteu, onde foram pipetados 20 µL da amostra em uma microplaca de 96 poços e em seguida foram adicionados 100 µL da solução aquosa de Folin-Ciocalteu a 10% (v/v) em cada poço da microplaca. A microplaca foi mantida por 5 minutos em local desprovido de luz, para que ocorresse a reação entre os compostos fenólicos e o reagente de Folin-Ciocalteu. Posteriormente foram adicionados 75 µL de solução de carbonato de sódio 7,5% (v/v) em cada poço e a



microplaca foi mantida por 40 minutos em ambiente livre de luz novamente. A leitura foi realizada em leitor de microplacas a 740 nm, os resultados foram calculados através da curva padrão de ácido gálico e expressos em equivalentes de ácido gálico por grama de extrato de Jatobá.

#### **4.3.2 Atividade antioxidante pelo método de sequestro do radical ABTS**

Para avaliar a capacidade de eliminação de radicais livres foi utilizado o método ABTS (ácido 2,2' – azino-bis(3-etilbenzotiazolina-6-sulfônico)). A solução de persulfato de potássio (140 mM) foi diluída em solução de ABTS (7 mM) e mantida em ambiente sem luz por 16 horas para reagir. Foi adicionado solução tampão de fosfato de potássio (75 mM, pH 7,4) até que sua absorbância fosse ajustada para  $0,7 \pm 0,02$  a 734 nm. Em microplacas de 96 poços, foram pipetados 20  $\mu$ L da amostra e 220  $\mu$ L da solução do radical ABTS e mantido em ambiente sem luz por 6 minutos em temperatura ambiente. A leitura foi realizada em leitor de microplacas a 734 nm de absorbância e os resultados foram calculados através da curva padrão de trolox. Os resultados foram expressos em  $\mu$ mol equivalentes de trolox por grama de extrato de Jatobá (Al-Duais et al., 2009).

#### **4.3.3 Atividade antioxidante pelo método de redução do ferro (FRAP – Ferric Reducing Antioxidant Power)**

Para medir a capacidade antioxidante através da redução do ferro foi utilizado o método FRAP. Foi pipetado em placa de 96 poços a alíquota de 20  $\mu$ L da amostra em cada poço. Posteriormente foram adicionados 30  $\mu$ L de água destilada e 200  $\mu$ L do reagente FRAP contendo tampão acetato (0,3 M, pH 3,6), uma solução de cloreto de ferro (20 mM) e solução de TPTZ na proporção de 10:1:1 (v/v/v) em cada poço. A mistura ficou reagindo em microplaca por 8 minutos a 37°C. A leitura da microplaca foi realizada em leitor com o comprimento de onda de 595 nm. Foi calculado o poder redutor da amostra utilizando uma curva padrão de sulfato ferroso. Os resultados foram expressos em  $\mu$ mol de sulfato ferroso por grama de extrato de jatobá (Al-Duais et al., 2009).

#### 4.3.4 Sequestro do radical peroxila (ROO)

O método ORAC (Oxygen Radical Absorbance Capacity) foi utilizado para medir a capacidade antioxidante do extrato através da medida da reação da molécula de fluoresceína com o radical peroxila (ROO\*) gerado a partir da influência térmica do indicador AAPH (azobis-2-amidinopropano hidróclorido). Foram pipetadas alíquotas de 30 µL da amostra ou trolox em microplaca de 96 poços. Posteriormente os poços foram completados com 60 µL de solução de fluoresceína e 110 µL de solução de AAPH. A placa foi mantida a 37°C para reação da mistura por 2 horas e monitorada a cada 10 minutos pela medida da absorção de luz a 485 nm. Os resultados foram expressos em µmol de equivalentes trolox por grama de extrato de Jatobá.

#### 4.3.5 Atividade antirradical livre (DPPH)

O método foi utilizado para medir a capacidade do extrato em reduzir o radical livre através da doação de um elétron. Foi utilizado uma solução de DPPH em uma concentração de 150 µM em solvente (etanol) e 66 µL de amostra do extrato foram pipetados em microplaca de 96 poços. A microplaca foi mantida ao abrigo de luz por 45 minutos. Em seguida foi realizado a leitura em absorbância a 517 nm a temperatura ambiente.

**Tabela 3** – Proantocianidinas, conteúdo fenólico total e atividade antioxidante do extrato de Jatobá.

Método	Extrato de Jatobá
Quant. proantocianidinas (mg/ml)	(62,83 ± 1,14)
Conteúdo fenólico total (mg EAG/g)	(257,85 ± 20,40)
DPPH (equivalentes ao Trolox; µmol/g)	(580,20 ± 3,47)
ABTS (equivalentes ao Trolox; µmol/g)	(1,42 ± 0,05)
ORAC (equivalentes ao Trolox; µmol/g)	(2,11 ± 0,06)
FRAP (equivalentes ao Trolox; µmol/g)	(288,71 ± 100,01)

DPPH = radical livre sintético 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl; ABTS = radical livre sintético 2,2'-azino-bis (3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid); ORAC = capacidade de absorção de radicais de oxigênio; FRAP = poder de redução do íon ferro; Proantocianidinas = quantificação de acordo com o padrão de catequina.

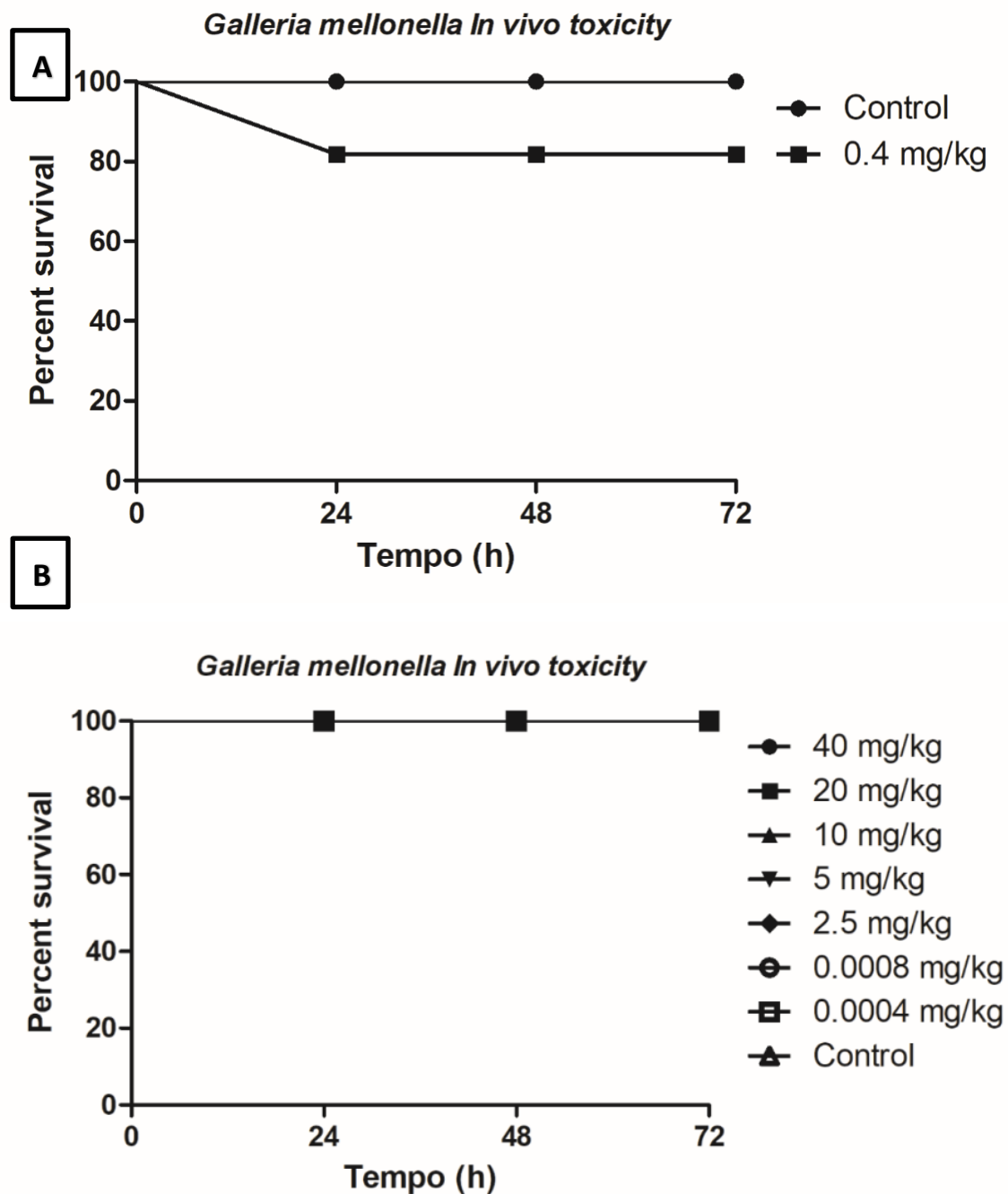
Os resultados são expressos em médias ± desvio padrão, realizadas em triplicata.

#### 4.4 Avaliação de toxicidade aguda *in vivo* no modelo *Galleria mellonella*

O modelo de invertebrado de *Galleria mellonella* foi utilizado para determinar a LD50 do extrato de proantocianidinas e o extrato adsorvido em amido *in vivo*. Resumidamente, as larvas de *Galleria mellonella* foram mantidas a 28°C em uma incubadora BOD até o uso. As larvas foram procriadas e mantidas até obterem o peso ideal (0,2 – 0,3 g). Sete doses crescentes do extrato adsorvido em amido foram aplicadas em 5 larvas para o ensaio de toxicidade (40; 20; 10; 5; 2,5; 0,0008; 0,0004 mg/kg). Em seguida, as larvas sem sinais de melanização foram selecionadas aleatoriamente (0,2-0,3 g) para cada grupo (n=10), e alíquotas de 10 µL dos extratos ou solução salina (grupo controle) foram injetadas na hemocele de cada larva pela última proleg esquerda utilizando uma seringa Hamilton de 25 µL (Hamilton, Reno, NV). O extrato concentrado foi diluído em etanol (40%) e a dose de 0,4mg/kg foi injetada nas 10 larvas. Todas as larvas foram incubadas a 28 °C e sua sobrevivência foi monitorada em intervalos de 24, 48 e 72 horas. As larvas foram consideradas mortas quando não apresentavam movimentos ao toque (Sardi et al., 2017).

A figura 4-A apresenta os resultados encontrados com a inoculação do extrato de jatobá no modelo *Galleria Mellonella*. Mesmo após o período de 72 horas, 80% da população manteve-se viva com a inoculação do extrato concentrado. Não foi possível determinar uma dose letal de 50% (DL50), pois a letalidade encontrada apresentou-se inferior a 50% (20%).

O extrato foi adsorvido ao amido (fécula de mandioca) com o intuito de viabilizar dispersão do extrato de forma homogênea na formulação da salsicha. A toxicidade do amido com extrato foi avaliada até concentração de 40 mg/kg e apresentou-se atóxico em todas as concentrações estudadas (figura 4-B). Sendo assim, considerando um adulto, com peso médio de 70 kg, seria necessário o consumo de pelo menos 28 g do extrato puro para ser observado uma possível toxicidade (20%). Na formulação da salsicha foi utilizado aproximadamente 12g/kg do extrato adsorvido em amido na maior concentração. Desta forma, o produto pode ser considerado atóxico para o consumo humano.



**Figura 4** – Análise da toxicidade aguda das proantocianidinas *in vivo* no modelo *Galleria mellonella*, nos tempos de 0,24, 48 e 72 horas. A = Extrato seco apresentando 80% de sobrevivência, na concentração de 0.4 mg/kg. B = Extrato adsorvido em fécula de mandioca apresentando 100% de sobrevivência, nas concentrações de 40; 20; 10; 5; 2,5; 0,0008; e 0,0004 mg/kg.

#### 4.5 Material e processamento da salsicha de frango

O sassami, a pele de frango e a carne mecanicamente separada (CMS), foram doados, congelados pelo abatedouro frigorífico Fricock – Frigorificação, Avicultura, Indústria e Comércio, localizada no município de Rio Claro – SP. Os demais condimentos e aditivos utilizados na salsicha foram doados pela empresa Ibrac Aditivos e Condimentos, localizada no município de Rio Claro – SP, Brasil.

O processamento da salsicha foi realizado na planta piloto do laboratório de Qualidade e Processamento de Carnes, da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, da Universidade de São Paulo, Piracicaba – SP. As formulações foram realizadas conforme Tabela 4.

**Tabela 4** – Formulação da salsicha de frango com tratamento controle, eritorbato e proantocianidinas.

Ingredientes (%)	Tratamentos				
	F1	F2	F3	F4	F5
CMS de Frango	40	40	40	40	40
Filé Sassami	39,1	39,1	39,1	39,2	39,7
Pele de frango	5	5	5	5	5
Gelo	10	10	10	10	10
Amido	2	2	1,5	1	-
Sal refinado	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8
Polifosfato de sódio	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Alho 36esidratado ou natural	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Açúcar	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
Noz moscada	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Pimenta do reino branca	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Aroma de fumaça	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Eritorbato de sódio	-	0,05	-	-	-
Amido com proantocianidinas	-	-	0,5	1	1,5
Nitrito de sódio	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015
	100	100	100	100	100

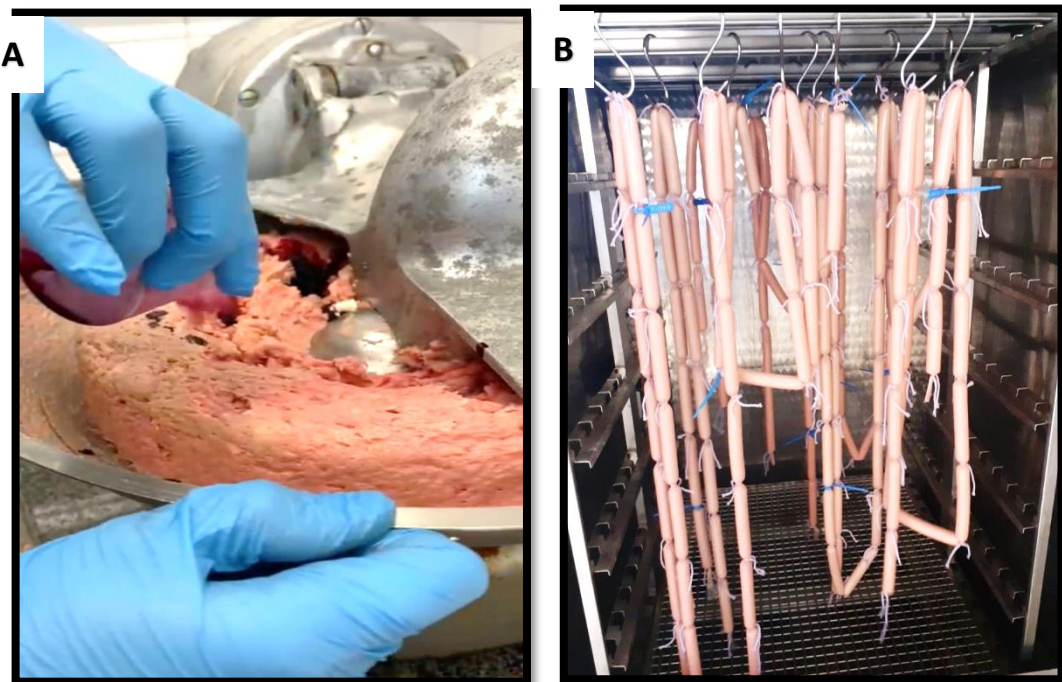
CMS = Carne mecanicamente separada; Pele de frango = utilizada como gordura; F1 = controle; F2 = 0,05% de eritorbato; F3 = 0,5% de proantocianidinas; F4 = 1% de proantocianidinas; F5 = 1,5% de proantocianidinas.

Fonte: Adaptado de Araújo et al. (2021).

O processamento foi realizado conforme Araújo et al. (2021), com modificações, composto por cinco tratamentos e processado em três blocos independentes (repetições), em dias diferentes, onde F1= tratamento controle (sem

antioxidante), F2= formulação com 0,05% de eritorbato, F3= 0,5% de extrato, F4= 1% de extrato e F5= 1,5% de extrato.

As carnes refrigeradas a 5°C, foram cortadas em pequenos pedaços e moídas em moedor (HOBART 4B22-2), e logo em seguida foram processadas em *cutter* (Figura 4-A), para a completa mistura dos ingredientes e obtenção da massa homogênea. Ao final do processo de emulsificação, a massa foi embutida em tripas celulósicas artificiais com calibre de 22 mm e cozidas em estufa a vapor (Figura 4-B), por aproximadamente uma hora, até o centro geométrico da salsicha atingir a temperatura de 75°C. Após o cozimento, as salsichas foram resfriadas durante 5 minutos em água fria, e posteriormente os envoltórios foram retirados manualmente. Em seguida as salsichas foram embaladas a vácuo e armazenadas em câmara de refrigeração em temperatura a 4 °C, para posterior análises.



**Figura 5** – Processamento da salsicha; A = Emulsão cárnea sendo processada em *cutter*; B = Salsichas de frango preparadas para o cozimento em estufa a vapor á temperatura de 75°C.

#### **4.5.1 Avaliação físico-química da salsicha de frango**

#### **4.5.2 Composição centesimal**

As análises físico-químicas foram realizadas no Laboratório de Qualidade e Processamento de Carnes, da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, da Universidade de São Paulo, Piracicaba – SP. Foram determinados os valores de umidade, cinzas, extrato etéreo, em triplicata conforme os procedimentos metodológicos descritos pela AOAC (Association of Official Analytical Chemists, 2005), a análise de proteína foi realizada pelo laboratório certificado no município de Cascavel – PR.

#### **4.5.3 Determinação da oxidação lipídica (TBARS)**

O valor das substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS) foi determinado em triplicata após 30 dias do processamento, avaliando as amostras que foram congeladas sob a temperatura de  $-18^{\circ}\text{C}$  nos períodos de 1, 7, 14 e 28 dias de armazenamento sob refrigeração ( $5^{\circ}\text{C}$ ), de acordo com o método Cd 19-90, descrito pela American Oil Chemists` Society (1990), com modificações. Foi utilizada a curva padrão 1,1,3,3 tetraetoxipropano (TEP) para os cálculos, que foram expressos como mg de malondaldeído (MDA) por kg de amostra.

Os aldeídos foram extraídos através da homogeneização (Vortex) de 15 ml de uma solução de ácido tricloroacético (7,5%) com 0,015g de galato de propila (0,1%) e 0,015g de ácido etilenodiamino tetra-acético (EDTA), com 7 g de amostra, por 1 minuto e adição de mais 15 ml de solução de ácido tricloroacético (7,5%) seguida de mais uma agitação de 1 minuto. Logo em seguida a mistura foi filtrada em papel filtro qualitativo, e 2,5 ml do filtrado foram adicionados de mais 2,5 ml da solução de ácido tiobarbitúrico (0,02M) e a mistura reagiu durante 40 minutos a  $100^{\circ}\text{C}$  (banho-maria), para a formação do complexo colorido, medido em espectrofotômetro Shimadzu, modelo UV-Vis mini-1240, em comprimento de onda de 532 nm.

#### **4.5.4 Análise de atividade de água ( $A_w$ )**

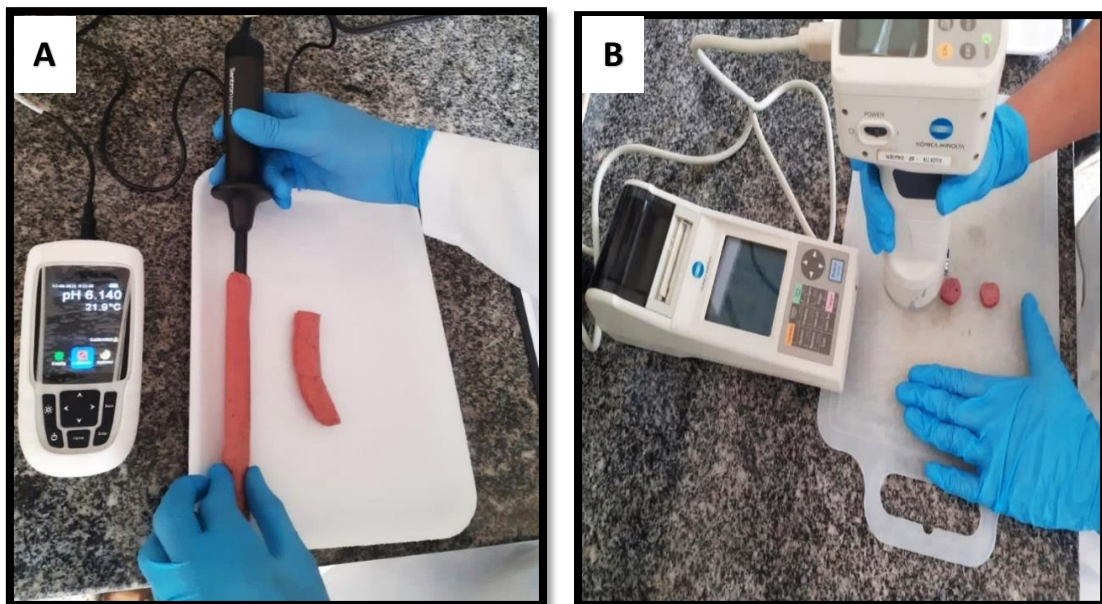
A análise de atividade de água ( $A_w$ ) foi realizada pelo equipamento Acqualab (4TE, Decagon Devices, Pullman, USA) a  $25^{\circ}\text{C}$ , avaliando os tratamentos nos tempos 1, 7, 14 e 28 dias, foram realizadas em triplicata.

#### 4.5.5 Potencial hidrogeniônico (pH)

O pH foi aferido em uma peça de cada tratamento em três locais distintos. Foi utilizado o pHmetro da marca Sentrun®, pH 0 – 14, BI series com eletrodo para perfuração, introduzido diretamente na amostra, com controle de temperatura, padronizado a temperatura ambiente de 25°C (Figura 6 A).

#### 4.5.6 Avaliação da cor objetiva

Foi determinada na parte interna da salsicha cortada verticalmente após 1, 7, 14 e 28 dias de armazenamento à 5°C. Foram analisadas 3 peças de cada tratamento, com diâmetro de 8 mm, sendo assim, cada ensaio contabilizou 3 repetições. A cor foi mensurada utilizando o colorímetro Konica Minolta (CM-400, Mahwah, NJ, USA) previamente calibrado em superfície branca, e os parâmetros avaliados foram L\* (luminosidade), a\* (intensidade de vermelho/verde) e b\* (intensidade de amarelo/azul) (Figura 6 B).



**Figura 6** – A = aferição do pH da salsicha de frango com o pHmetro de ponteira de perfuração; B = análise de cor da superfície interna da salsicha de frango.



#### 4.5.7 Análise de perfil de textura (TPA)

A análise do perfil de textura (Bourne, 1978) foi realizada com o prévio cozimento das salsichas em água, por três minutos e armazenadas em estufa térmica à 72°C até o momento da análise. As mensurações foram realizadas utilizando texturômetro TA-XT (Stable Micro Systems, Godalming, UK), em triplicata (Figura 6). As amostras foram cortadas em cilindros (2 cm de altura) e colocadas verticalmente na plataforma (HDP) do texturômetro. As amostras foram comprimidas em dois ciclos consecutivos de 50% de compressão com uma probe de 35 mm de diâmetro (P/35), movendo-se a uma velocidade constante de 0,8 mm/s. A coleta dos dados e a construção das curvas TPA foram realizadas pelo programa Texture Expert, versão 2.64 (Stable Micro Systems, Surrey, UK). Foram calculados os parâmetros de dureza, elasticidade, coesividade e mastigabilidade, conforme (Saldaña et al., 2015).



**Figura 7** – Salsicha previamente cozida em água, recebendo compressão do texturômetro para análise do perfil de textura.

As unidades de medidas foram mensuradas em força (g).

#### **4.5.8 Análise microbiológica**

As análises microbiológicas foram realizadas no laboratório de Higiene e Laticínios da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, da Universidade de São Paulo, Piracicaba - SP. Foi realizada a contagem de micro-organismos mesófilos e psicotróficos (unidades formadoras de colônias/g), investigação de *Salmonella* (presença ou ausência em 25 g), coliformes totais (número mais provável/g) e *Escherichi coli* (número mais provável/g) seguindo a metodologia da American Public Health Association (2015) (Silva et al., 2020).

#### **4.5.9 Análise sensorial**

##### **4.5.10 Perfil descritivo otimizado (PDO)**

Com o objetivo de realizar uma análise mais rápida, com menos gastos e com a garantia de resultados sensoriais robustos e confiáveis, optou-se pela metodologia de perfil descritivo otimizado (PDO), para o levantamento de atributos e determinação das características de aroma, sabor, textura e cor da salsicha de frango (Silva et al., 2012).

A análise sensorial foi realizada em 3 sessões (repetições) independentes, em dias diferentes, conforme Simiqueli et al. (2015). A coleta dos dados foi realizada através do software Compusense Cloud (Compusense Inc. Guelph, Ont., Canadá), em cabines individuais e temperatura ambiente. Todos os participantes assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) aprovado pelo comitê de ética em pesquisa (CAAE: 57329722.4.0000.5395).

##### **4.5.11 Recrutamento, seleção e desenvolvimento do vocabulário**

Foram recrutados um total de 14 avaliadores com experiência em análise sensorial de produtos cárneos (semi-treinados), sem distinção de gênero, dentro da faixa etária de 18 a 55 anos de idade, disponíveis nos dias de avaliação, sendo todos estes pertencentes ao quadro de alunos e professores da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (ESALQ). Os critérios utilizados para a seleção dos avaliadores foram: voluntários adultos (maiores de 18 anos), consumidores de salsicha de frango, não fumantes, saudáveis e sem restrições alimentares.

Com base na literatura científica, foi desenvolvida uma lista composta por 18 atributos (Tabela 5), onde os avaliadores puderam definir todas as características correspondentes à salsicha de frango, assim como a definição dos atributos, técnicas

de avaliação e amostras de referência, levando em consideração as extremidades da escala em superior e inferior (Silva et al., 2012).

Após a realização do treinamento com o painel de avaliadores, onde foram apresentados a metodologia, produtos e objetivos da análise, foi realizada a análise sensorial da salsicha de frango em cabines individuais (Figura 7) no laboratório de Análise Sensorial do Departamento de Agroindústria, Alimentos e Nutrição da ESALQ.

**Tabela 5** – Lista de identificação dos atributos, definições de atributos, técnicas de avaliação e referências de pouco e muito.

<b>Atributos</b>	<b>Definição do atributo</b>	<b>Técnica</b>	<b>Referências</b>
1 - Cor rósea (externa e interna)	Cor rósea característica de produto à base de frango, variando de pálido a corado.	Avaliador deve estar sentado em um ângulo de 90°C, podendo se aproximar da amostra sem tocar no prato, a uma distância mínima de dois palmos.	Pouco: Carne suína Muito: Salsicha Viena
2 – Homogeneidade visual da massa	Presença de fragmentos pontiagudos na superfície de corte transversal da salsicha. Relaciona-se com a carne mecanicamente separada.	Avaliador deve estar sentado em um ângulo de 90°C, podendo se aproximar da amostra sem tocar no prato, a uma distância mínima de dois palmos.	Pouco: Hamburger bovino comercial Muito: Patê de frango
3 – Aroma de defumado	Aroma característico de produto cárneo defumado, aproximando-se ao paio.	Levar o recipiente da amostra próximo à região nasal e realizar até 3 aspirações longas.	Pouco: Peito de frango cozido Muito: Bacon defumado
4 – Aroma de condimento	Aroma de condimento empregado tradicionalmente em salsicha tipo hot-dog	Levar o recipiente da amostra próximo à região nasal e realizar até 3 aspirações longas.	Pouco: Filé de frango cozido em água Muito: Tempero baiano
5 - Aroma característico de salsicha de frango	Aroma característico de salsicha tipo hot-dog.	Levar o recipiente da amostra próximo à região nasal e até 3 aspirações longas.	Pouco: Apresuntado Muito: Salsicha hot-dog (Perdigão)

6 – Maciez geral	Na primeira mordida, com os incisivos ou molares, observou-se a força necessária para atravessar uma rodela de salsicha com espessura padronizada em 2 cm.	Colocar a amostra na boca a percepção nas 5 primeiras mastigações.	Pouco: Coxão duro Muito: Filé mignon
7 - Suculência geral	Durante a mastigação da amostra, observou-se a quantidade de umidade liberada.	Colocar a amostra na boca a percepção nas primeiras mastigações.	Pouco: Patinho grelhado Muito: Picanha Angus grelhada
8 – Elasticidade	Após a compressão parcial da amostra com os dentes incisivos ou molares, sem rompê-la, observou-se o grau com que a amostra retornava a sua forma original.	Mastigação com os dentes molares até a deglutição da amostra.	Pouco: biscoito água e sal Muito: Tapioca
9 – Mastigabilidade	Percepção do número de mastigações necessárias para o produto estar pronto para a deglutição.	Colocar a amostra na boca a percepção nas 5 primeiras mastigações.	Pouco: Presunto/Fiambre Muito: Salame defumado
10– Coesividade (quebradiço, esfarelento)	Durante a mastigação, observou-se o grau com que as partículas da amostra se mantiveram coesas.	Mastigação com os dentes molares até a deglutição da amostra.	Pouco: Queijo muçarela Muito: Queijo gorgonzola
11 – Granulosidade da massa	Durante a mastigação e na mastigação plena, observou-se a quantidade de partículas sólidas (lembrando fragmentos de ossos e cartilagens) presentes na massa. Relaciona-se com a carne mecanicamente separada.	Colocar a amostra na boca a percepção nas 5 primeiras mastigações.	Pouco: Doce de leite pastoso Muito: Paçoca de amendoim
12 – Sabor de carne de frango	Sabor de carne de frango cozida	Mastigação com os dentes molares até a deglutição da amostra.	Pouco: Carne suína sem sal Muito: Frango cozido desfiado
13 – Sabor picante	Sensação de ardência percebida com a amostra na boca	Mastigação com os dentes até a deglutição da amostra.	Pouco: Pimenta biquinho Muito: Pimenta tabasco

14 – Sabor de defumado	Sabor característico de produto cárneo defumado	Mastigação com os dentes até a deglutição da amostra.	Pouco: Peito de peru defumado Muito: Mortadela defumada
15 – Sabor de ranço	Sabor de gordura oxidada, lembrando de patê de fígado enlatado.	Mastigação com os dentes molares até a deglutição da amostra.	Pouco: Peito de frango grelhado Muito: Cupim bovino assado após 24h
16 – Sabor de soja	Sabor de proteína de soja texturizada.	Mastigação com os dentes até a deglutição da amostra.	Pouco: Hamburguer bovino Muito: Proteína de soja texturizada
17 – Sabor característico de salsicha de frango	Sabor característico de salsicha tipo hot-dog (frango).	Mastigação com os dentes até a deglutição da amostra.	Pouco: Nuggets (Tekitos) Muito: Mortadela de frango
18 – Sabor salgado	Percepção de sal na boca durante a mastigação.	Colocar a amostra na boca e perceber a percepção nas 5 primeiras mastigações.	Pouco: formulação padrão de salsicha de frango SEM adição de sal. Muito: formulação padrão de salsicha de frango COM adição de sal (2,5%).



**Figura 8** – Análise sensorial; A = Pesquisador servindo as amostras para a os avaliadores; B = Painel semi-treinado avaliando as amostras em cabine de análise sensorial.

#### **4.5.12 Delineamento experimental e análise estatística**

Para a análise estatística, foi utilizado o delineamento em blocos casualizados (DIC). Os dados obtidos foram tabulados em planilha eletrônica (Microsoft Office Excel 2013<sup>®</sup>) e as médias submetidas à análise de variância (ANOVA) para avaliar a existência de diferenças significativas entre as médias. As diferenças foram avaliadas pelo teste de Tukey, com nível de significância de 5%, utilizando o software R versão 3.5.1.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 Composição centesimal

A composição centesimal se faz extremamente importante no desenvolvimento de produtos cárneos, devido à necessidade de garantia do cumprimento da legislação perante os teores de proteína, lipídios, umidade e cinzas, que caracterizam cada produto.

Os resultados da avaliação de composição centesimal da salsicha de frango podem ser observados na Tabela 6.

**Tabela 6** - Composição centesimal da salsicha de frango com adição de proantocianidinas.

Tratamentos	Proteína (%)	Lipídios (%)	Umidade (%)	Cinzas (%)
F1	18,4±0,91	13,1±1,80	60,2±1,71 <sup>ab</sup>	3,64±0,12 <sup>bc</sup>
F2	18,5±0,46	12,7±0,25	59,6±0,49 <sup>ab</sup>	4,16±0,07 <sup>a</sup>
F3	17,0±0,74	12,7±0,08	60,9±0,19 <sup>a</sup>	3,64±0,08 <sup>c</sup>
F4	16,8±1,58	14,2±0,44	57,3±0,21 <sup>b</sup>	3,94±0,06 <sup>ab</sup>
F5	17,1±0,89	14,4±0,44	57,6±1,13 <sup>b</sup>	3,80±0,09 <sup>bc</sup>

Os resultados são expressos como média ± desvio padrão. As letras diferentes na mesma coluna denotam as diferenças significativas entre os tratamentos ( $P < 0,05$ ) conforme teste de Tukey. F1 = (controle), F2 = (eritorbato), F3 = (adição 0,5% de proantocianidinas), F4 = (adição de 1% de proantocianidinas), F5 = (1,5% de proantocianidinas).

Tem sido observado que a adição de alguns ingredientes no desenvolvimento de produtos cárneos tem a capacidade de alterar suas características centesimais (Shin et al., 2022). No presente estudo a quantidade de fécula de mandioca foi padronizada no teor máximo de 2% para todos os tratamentos, com o intuito de minimizar os efeitos sensoriais e texturais das formulações, com variação apenas do extrato com proantocianidinas.

A adição de 1 e 1,5% de proantocianidinas (F4 e F5) foi capaz de alterar o teor de umidade da salsicha, o qual continha o maior teor de umidade dentre os tratamentos, seguido pelos tratamentos controle (F1) e eritorbato (F2). Mas todos os tratamentos se mantiveram abaixo dos limites máximos de umidade estabelecidos pela legislação brasileira, de acordo com o Regulamento Técnico de Identidade e



Qualidade da Salsicha (RTIQ), que limita a umidade da salsicha ao teor máximo de 65%.

De acordo com Domingo et al. (2023) a baixa porcentagem de umidade em embutidos cárneos é extremamente benéfica, já que um maior teor de umidade pode favorecer o crescimento bacteriano, e com isso provocar alterações sensoriais com a deterioração causada por micro-organismos, diminuindo sua qualidade e seu tempo de vida de prateleira. Entretanto, maiores porcentagens de umidade podem conferir maior maciez assim como outras características sensoriais específicas de cada produto (Shin et al., 2022).

Os teores de cinzas também mostraram diferenças significativas entre os tratamentos (Tabela 6), mas surpreendentemente, os tratamentos com adição de proantocianidinas apresentaram os menores valores de cinzas, muito próximo ao valor do tratamento controle, que não possui adição de eritorbato, nem proantocianidinas, isso pode afirmar que a adição de proantocianidinas nas proporções em que foram apresentadas não são capazes de aumentar significativamente os teores de cinzas nas formulações. A formulação com eritorbato (F2) apresentou o maior teor de cinzas entre as formulações, isso pode ser explicado pela adição do próprio eritorbato, que é um sódio. Os teores de cinzas são comparáveis aos valores de linguiça Chevon de Domingo et al. (2023).

Os teores de proteína e lipídios não apresentaram diferença significativa ( $P < 0,05$ ) entre os tratamentos. Os lipídios se mantiveram entre os valores de 12 a 14%, classificados como muito abaixo dos limites máximos estabelecidos pelo RTIQ da salsicha que é de 30%.

A redução de gordura na formulação de produtos cárneos é um grande desafio tecnológico, pois ela é responsável por conferir características texturais e sensoriais específicas para cada produto, como sabor e maciez, por exemplo (Li et al., 2022). Entretanto a gordura animal nos produtos também pode representar alguns problemas, pois possuem ácidos graxos saturados e colesterol, cujo o aumento no consumo pode aumentar as ocorrências de doenças vasculares, cerebrais, obesidade e câncer (Li et al., 2022).

Além da função tecnológica, no caso da emulsão, as proteínas apresentam importância nutricional para a saúde dos consumidores (Sun et al., 2022), por esse

motivo é estabelecido em legislação valores mínimos de proteína na formulação da salsicha (mínimo de 12%), conforme RTIQ. A salsicha de frango apresentou teor médio de proteína entre 16 a 18%, estando em conformidade com a legislação brasileira para esse produto, conforme Tabela 6.

## **5.2 Determinação da oxidação lipídica (TBARS)**

Em produtos cárneos, a oxidação lipídica pode ser avaliada através das substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico, que mensuram os compostos secundários da oxidação. As alterações causadas pela oxidação lipídica são capazes de modificar de forma permanente algumas características dos produtos, afetando significativamente sua vida útil (Yaghoubi et al., 2023).

A oxidação lipídica da salsicha de frango foi mensurada pelo teor de malondialdeído (MDA/kg). Em geral a análise estatística não revelou um desdobramento entre os tempos de armazenamento e os tratamentos, mas houve diferença significativa ( $P < 0,05$ ) entre as médias dos tratamentos, essa diferença pode ser observada na Tabela 7.

A formulação controle (T1) apresentou teor de MDA mais elevado, como se esperava, enquanto o tratamento com eritorbato (T2) apresentou o menor teor de MDA, sendo este o tratamento mais eficaz para retardar a oxidação lipídica na salsicha de frango.

Os tratamentos com proantocianidinas apresentaram teores de MDA elevados, mas não apresentaram diferença significativa entre eles (Tabela 7), apresentando valores abaixo do tratamento controle, com exceção do tratamento T5 que apresentou o maior valor de MDA/kg, podendo ser considerado o menos estável dos tratamentos à oxidação lipídica.

Conforme Song (2021) a adição de proantocianidinas em linguiça de frango resultou em uma grande diminuição da oxidação, garantindo maior estabilidade e qualidade ao produto durante o tempo de 28 dias de armazenamento. Entretanto, para garantir a estabilidade e eficiência antioxidante das proantocianidinas, os autores utilizaram a microencapsulação como forma de preservar seu estado funcional durante o processamento e armazenamento da linguiça de frango.

De acordo com Chutang et al. (2020) as proantocianidinas podem ser consideradas como um antioxidante natural extremamente eficiente em alimentos, além de desempenharem atividades funcionais, como anti-inflamatória, anticâncer e cardioprotetor, entretanto são muito instáveis e podem perder seus efeitos a depender das condições a que são submetidas. Essa instabilidade das proantocianidinas podem justificar menor atividade antioxidante na salsicha, ou elas podem apresentar um efeito pró-oxidante, ainda não estudado.

**Tabela 7** - TBARS, atividade de água, pH e cor instrumental da salsicha de frango com adição de proantocianidina.

Tratamentos	TBARS (MDA/kg amostra)	A <sub>w</sub>	pH	a*	b*
F1	1,44±0,80 <sup>a</sup>	0,95±0,00	6,19±0,25	13,4±1,17	15,6±1,64 <sup>ab</sup>
F2	0,65±0,14 <sup>a</sup>	0,95±0,00	6,21±0,10	16,9±0,71	16,0±0,43 <sup>a</sup>
F3	1,14±0,17 <sup>a</sup>	0,95±0,00	6,25±0,13	13,4±1,31	14,1±0,56 <sup>cd</sup>
F4	1,03±0,30 <sup>ab</sup>	0,95±0,01	6,25±0,12	13,8±1,44	13,2±0,58 <sup>d</sup>
F5	1,46±0,36 <sup>b</sup>	0,95±0,00	6,17±0,06	12,6±1,03	17,9±0,69 <sup>bc</sup>

Os resultados são expressos como média ± desvio padrão. As letras diferentes na mesma coluna denotam as diferenças significativas entre os tratamentos (P<0,05) conforme teste de Tukey. F1 = (controle), F2 = (eritorbato), F3 = (adição 0,5% de proantocianidinas), F4 = (adição de 1% de proantocianidinas), F5 = (1,5% de proantocianidinas).

### 5.3 Análise de atividade de água (A<sub>w</sub>), pH e cor objetiva

Os valores de pH e atividade de água não demonstraram diferenças significativas (P<0,05) entre os tratamentos, e apresentaram valores muito semelhantes aos encontrados em salsicha de frango por Shin et al. (2022).

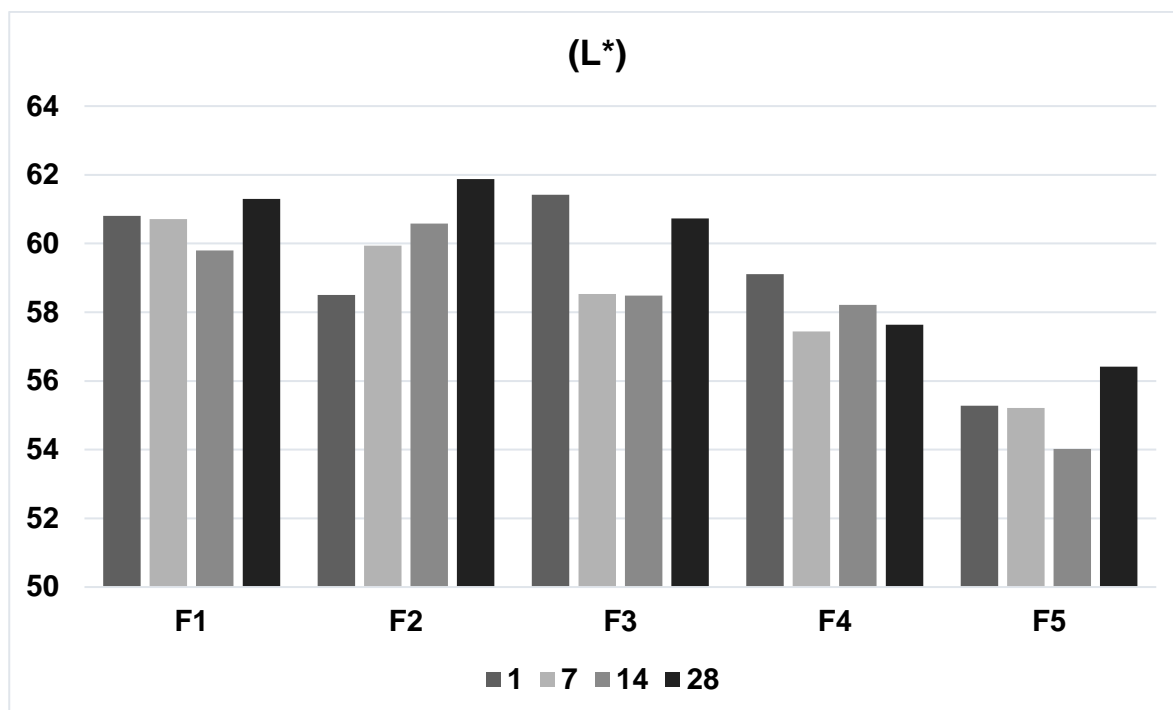
Os valores de a\* (vermelho e verde) não demonstraram diferença significativa (P=<0,05) na análise estatística, entretanto nota-se (Tabela 7) que as médias diferiram entre os tratamentos evidenciando que a adição de proantocianidinas diminuiu os parâmetros de vermelho nas amostras, e que o tratamento com eritorbato aumentou substancialmente o mesmo parâmetro.

Entretanto, os valores de b\* além de apresentarem aumento no tratamento com eritorbato, também apresentaram aumento no tratamento F5 (1,5% de proantocianidinas).

Segundo Kong et al. (2023), a oxidação lipídica pode influenciar na oxidação da mioglobina, e desta forma alterar os parâmetros de cor de forma irreversível, além das outras alterações como o sabor, odor e textura da salsicha. Apesar disso, por possuírem coloração amarronzada, a adição de proantocianidinas também pode ser considerada como um fator de alteração na coloração da salsicha de frango.

A luminosidade ( $L^*$ ) foi consistentemente alterada de acordo com a concentração de proantocianidinas nos tratamentos (Figura 8), onde F5 apresentou menor luminosidade e F1 e F2 apresentaram maior luminosidade. Mesmo não sofrendo alteração de cor com a adição das proantocianidinas, o tratamento F1 apresentou ligeira variação de luminosidade entre os dias 14 e 28 de armazenamento, essa variação pode ser explicada pelo maior teor oxidação nesse período de armazenamento.

Houve diminuição de luminosidade ao decorrer dos tempos avaliados, mas não houve um efeito claro dessa alteração nos tratamentos com adição de proantocianidinas (F3, F4 e F5), e pode ser observado aumentos na luminosidade de forma progressiva ao decorrer do tempo, no tratamento com eritorbato (F2). A estabilidade da oxidação lipídica do tratamento F2 pode explicar a garantia da luminosidade aumentada durante o armazenamento, já que a oxidação é capaz de mudar a coloração da salsicha de forma significativa (Kong et al. 2023).



**Figura 9** - Desdobramento do tempo x tratamento do parâmetro de luminosidade da análise de cor da salsicha de frango com adição de proantocianidinas. F1 = (controle), F2 = (eritorbato), F3 = (adição 0,5% de proantocianidinas), F4 = (adição de 1% de proantocianidinas), F5 = (1,5% de proantocianidinas).

#### 5.4 Análise de perfil de textura (TPA)

Embora a unidade de dureza não apresente diferença significativa ( $P < 0,05$ ), as médias demonstram uma diminuição na dureza conforme aumento da concentração de proantocianidinas (Tabela 8), variando de 19,9316 a 15,4941. Esse resultado vai em encontro com os achados de Song et al., 2022, que observou a diminuição da dureza em linguças de frango com adição de proantocianidinas, ao longo dos tempos de armazenamento sob refrigeração.

A adição de proantocianidinas afetou a gomosidade da salsicha, mas o tratamento com maior quantidade de proantocianidinas (F5) apresentou menor gomosidade em comparação ao tratamento controle. Cong et al., 2020 observou que as proantocianidinas podem interagir com as proteínas, interferindo diretamente sobre sua função e estrutura, alterando sua solubilidade e capacidade de retenção de água.

O teor de umidade disponível em produtos cárneos e sua capacidade de retenção durante o período de armazenamento, pode influenciar diretamente no seu perfil de textura e sensorial, já que a umidade altera significativamente as suas

características físico-químicas e microbiológicas, podendo melhorar ou não seus aspectos de qualidade, como a sua suculência, textura, sabor e cor (Cong et al., 2020).

A mastigabilidade também apresentou diferença significativa ( $P < 0,05$ ), e o resultado do tratamento F5 corroborou com a dureza, denotando que, quanto maior a quantidade de proantocianidinas na formulação, menor a mastigabilidade do produto, conforme Tabela 8.

A mastigabilidade está relacionada com a quantidade de mastigadas necessárias para deglutir o alimento, e essa característica pode influenciar diretamente na escolha dos consumidores, pois é um dos atributos sensoriais mais importantes depois da cor, que é o primeiro atributo a ser observado pelos consumidores.

**Tabela 8** - Textura instrumental da salsicha de frango com adição de proantocianidinas.

Tratamentos	Dureza (g)	Elasticidade (g)	Gomosidade	Mastigabilidade (g)
F1	19,9316 ± 107,79	0,01 ± 0,1235	13,2 ± 374,37 <sup>ab</sup>	11,4 ± 313,84 <sup>ab</sup>
F2	18,7300 ± 430,70	0,01 ± 0,0110	14,9 ± 324,19 <sup>a</sup>	12,9 ± 284,36 <sup>a</sup>
F3	18,6950 ± 378,27	0,01 ± 0,0354	14,9 ± 281,84 <sup>a</sup>	12,8 ± 238,54 <sup>a</sup>
F4	18,2516 ± 452,53	0,01 ± 0,0328	14,5 ± 274,18 <sup>ab</sup>	12,5 ± 244,76 <sup>ab</sup>
F5	15,4941 ± 602,91	0,01 ± 0,0619	12,3 ± 426,65 <sup>b</sup>	10,6 ± 346,34 <sup>b</sup>

Os resultados são expressos como média ± desvio padrão. As letras diferentes na mesma coluna denotam as diferenças significativas entre os tratamentos ( $P < 0,05$ ) conforme teste de Tukey. F1 = (controle), F2 = (eritorbato), F3 = (adição 0,5% de proantocianidinas), F4 = (adição de 1% de proantocianidinas), F5 = (1,5% de proantocianidinas).

Em média, os tratamentos com baixa concentração de proantocianidinas (F3) e intermediário (F4) não diferiram do tratamento com eritorbato (F2), e o tratamento com maior porcentagem de proantocianidinas (F5) apresentou os menores valores para dureza, gomosidade e mastigabilidade. Os tratamentos não interferiram na elasticidade da salsicha de frango.

## 5.5 Análise microbiológica

De acordo com os padrões microbiológicos para produtos cárneos cozidos, conforme disposto na RDC n 724, de 1º de julho de 2022 e IN nº 161, 1º de julho de 2022, os resultados obtidos na análise microbiológica (Tabela 9) estão de acordo com os padrões microbiológicos estabelecidos para serem considerados aptos para o consumo humano.

**Tabela 9** - Análise microbiológica da salsicha de frango com adição de proantocianidinas.

Tratamento	Tempo				* <i>Salmonella sp.</i> Presença ou Ausência	Coliformes totais (NMP/g)
	1	7	14	28		
	<b>Mesófilos (UFC/g)</b>					
F1	3,2 x 10 <sup>3</sup>	9,0 x 10 <sup>4</sup>	3,4 x 10 <sup>3</sup>	1,3 x 10 <sup>6</sup>	Ausente	240
F2	1,0 x 10 <sup>2</sup>	3,7 x 10 <sup>2</sup>	3,0 x 10	3,6 x 10 <sup>3</sup>	Ausente	240
F3	3,7 x 10 <sup>2</sup>	8,0 x 10 <sup>5</sup>	1,7 x 10 <sup>2</sup>	1,4 x 10 <sup>4</sup>	Ausente	240
F4	1,9 x 10 <sup>2</sup>	8,0 x 10 <sup>4</sup>	6,0 x 10	7,4 x 10 <sup>4</sup>	Ausente	240
F5	4,1 x 10 <sup>3</sup>	9,5 x 10 <sup>7</sup>	2,3 x 10 <sup>4</sup>	8,0 x 10 <sup>4</sup>	Ausente	240
	<b>Psicrotróficos (UFC/g)</b>				<b>*<i>E. coli</i> (UFC/g)</b>	
F1	< 100	9,0 x 10 <sup>2</sup>	3,2 x 10 <sup>7</sup>	1,4 x 10 <sup>6</sup>	Ausente	
F2	< 100	1,5 x 10 <sup>2</sup>	< 100	4,5 x 10 <sup>4</sup>	Ausente	
F3	6,8 x 10 <sup>5</sup>	< 100	< 100	2,2 x 10 <sup>6</sup>	Ausente	
F4	< 100	1,6 x 10 <sup>5</sup>	< 100	2,1 x 10 <sup>4</sup>	Ausente	
F5	1,4 x 10 <sup>3</sup>	1,3 x 10 <sup>8</sup>	5,4 x 10 <sup>4</sup>	5,2 x 10 <sup>8</sup>	Ausente	

Os resultados estão expressos como média. n=2

*E. coli* = *Escherichi coli*; UFC/g = Unidade formadora de colônia por grama; NMP/g = Número mais provável por grama. (\*) = Análise realizada em pool de todos os tratamentos. F1 = (controle), F2 = (eritorbato), F3 = (adição 0,5% de proantocianidinas), F4 = (adição de 1% de proantocianidinas), F5 = (1,5% de proantocianidinas).

## 5.6 Análise sensorial

A análise sensorial é uma importante ferramenta no desenvolvimento de novos produtos alimentícios e na avaliação e comparação de produtos já existentes no mercado, devido a sua rápida resposta aos objetivos da pesquisa, frente aos atributos de cor, sabor, aroma e textura, além de representar de forma completa e direcionada aos interesses dos consumidores (Özdogan; Lin & Sun, 2021).

Dentre os atributos sensoriais a serem avaliados pelos consumidores de produtos cárneos, a cor pode ser considerada como uma das principais características, pois ela é o primeiro atributo a ser percebido pelo consumidor e pode

influenciar diretamente na escolha e compra do produto (Özdoğan; Lin & Sun, 2021; Kong et al., 2023).

A adição do amido com proantocianidinas na salsicha de frango aumentou a percepção de cor rósea no produto, tornando sua cor mais atraente, em comparação a formulação controle. A formulação com 0,05% eritorbato (F1) também apresentou cor rósea satisfatória, mas a formulação com adição de 1% de amido com proantocianidinas (F4) se mostrou superior a todas as formulações no atributo “cor rósea”, como pode ser observado na Tabela 10.

Segundo Kong et al (2023) a estabilidade oxidativa, assim como os processos envolvidos na oxidação dos lipídios e proteínas são de importante relevância na formação da cor de produtos cárneos, e isso justifica a utilização de aditivos nas formulações para garantir a estabilidade e conseqüentemente a qualidade sensorial dos produtos.

A homogeneidade visual da massa foi afetada pela adição de amido com proantocianidinas, demonstrado que quanto maior a concentração de proantocianidinas, menor a homogeneidade visual da massa. O extrato com proantocianidinas possui a cor marrom/avermelhado, deixando a cor da massa da salsicha mais escura, com maior destaque para a formulação com 1,5% de amido com proantocianidinas (F5), esse escurecimento da massa pode ter deixado os outros ingredientes de cor clara mais aparentes visualmente, já que nas formulações F1 e F2 que não possuem o extrato mantiveram a homogeneidade maiores.

Essa alteração na homogeneidade da massa vai de encontro com os resultados observados por Adiamo et al. (2022), que adicionou sementes de *Acácia* como emulsificante em formulação de salsicha, e pode constatar diversas alterações como, a cor, textura, sabor e homogeneidade do produto.

Conforme Domingo et al. (2023) se faz necessário a adição de condimentos na formulação de salsichas com a finalidade de agregar sabor e aroma mais atraentes ao produto, além de conferir atributos característicos a salsicha, alguns condimentos podem ser necessários na formulação com o intuito de mascarar sabores e aromas residuais conferidos pela adição de outros ingredientes.



As formulações com maiores concentrações de proantocianidinas (F4 e F5) demonstraram a capacidade de realçar o “aroma de condimentos”, o “sabor de picante” e “sabor de salgado”. Até o momento, essa relação ainda não foi descrita pela literatura, e isso implica na necessidade da realização de uma pesquisa mais aprofundada sobre o assunto, afim de elucidar essa correlação entre a proantocianidina e o realce no sabor do condimento de pimenta e o sal.

Os atributos de “aroma característico de salsicha de frango”, assim como o de “sabor característico de salsicha de frango” foram diminuídos à medida que a concentração de proantocianidinas aumentou nas formulações, com os menores valores na formulação F5. As proantocianidinas são compostos fenólicos e possuem o sabor residual bem marcante, isso pode explicar a alteração de sabor nas formulações com maiores concentrações de proantocianidinas.

Os demais atributos não apresentaram diferença significativa nas médias após a realização do teste de Tukey.

**Tabela 10** - Atributos sensoriais da salsicha de frango com adição de proantocianidinas.

Atributos	Tratamentos				
	F1	F2	F3	F4	F5
Cor rósea	2.698±2,20 d	5.574±1,94 ab	4.514±2,27 bc	5.988±2,07 a	3.964±2,67 c
Homogeneidade visual da massa	5.105±2,27 ab	5.876±2,28 a	4.645±2,22 b	4.336±2,18 bc	3.483±2,45 c
Aroma de defumado	3,138±2,27	3,245±2,18	3,5±2,27	3,424±2,42	3,555±2,54
Aroma de condimento	3.629±2,17 b	3.574±2,18 b	4.264±2,20 b	4.169±2,33 b	5.583±2,67 a
Aroma característico de salsicha de frango	5.252±2,30 a	5.276±2,27 a	4.688±2,11 a	4.476±2,17 a	3.229±2,15 b
Maciez geral	6,481±1,90	5,867±1,87	5,781±1,58	5,581±1,26	6,507±1,81
Suculência geral	6,1±2,08	5,805±1,87	5,429±1,83	5,174±1,83	5,793±1,92
Elasticidade	4.602±2,43 bc	4.948±2,40 abc	5.288±2,15 ab	5.469±1,90 a	4.345±2,40 c
Mastigabilidade	4,14±2,74	4,155±2,53	4,517±2,24	4,745±2,42	3,736±2,50
Coesividade	2,352±1,76	2,776±1,88	2,688±1,76	2,555±1,77	2,955±1,79
Granulosidade da massa	3,076±1,79	3,421±1,98	3,876±2,22	3,452±2,07	3,524±2,01
Sabor de carne de frango	5.067±2,40 a	4.64±2,05 a	4.314±2,10 ab	3.59±2,27 bc	3.319±2,11 c
Sabor picante	3.193±2,71 b	2.786±2,61 b	2.957±2,67 b	3.624±2,98 ab	4.160±2,93 a
Sabor de defumado	3,576±2,49	3,452±2,51	3,188±2,43	3,833±2,62	3,683±2,53
Sabor de ranço	1,343±1,30	1,498±1,64	1,402±1,45	1,574±1,62	1,633±1,75
Sabor de soja	1,631±1,68	1,638±1,64	1,64±1,72	1,84±1,78	1,702±1,83
Sabor característico de salsicha de frango	5.624±1,97 a	5.207±2,09 ab	4.502±1,97 bc	4.095±2,14 cd	3.421±2,12 d
Sabor salgado	4.36±2,40 ab	4.698±2,27 a	3.714±1,97 b	4.433±2,36 ab	4.583±2,22 a

Os resultados são expressos como média ± desvio padrão. As letras diferentes na mesma coluna denotam as diferenças significativas entre os tratamentos ( $P < 0,05$ ) conforme teste de Tukey. F1 = (controle), F2 = (eritorbato), F3 = (adição 0,5% de proantocianidinas), F4 = (adição de 1% de proantocianidinas), F5 = (1,5% de proantocianidinas).

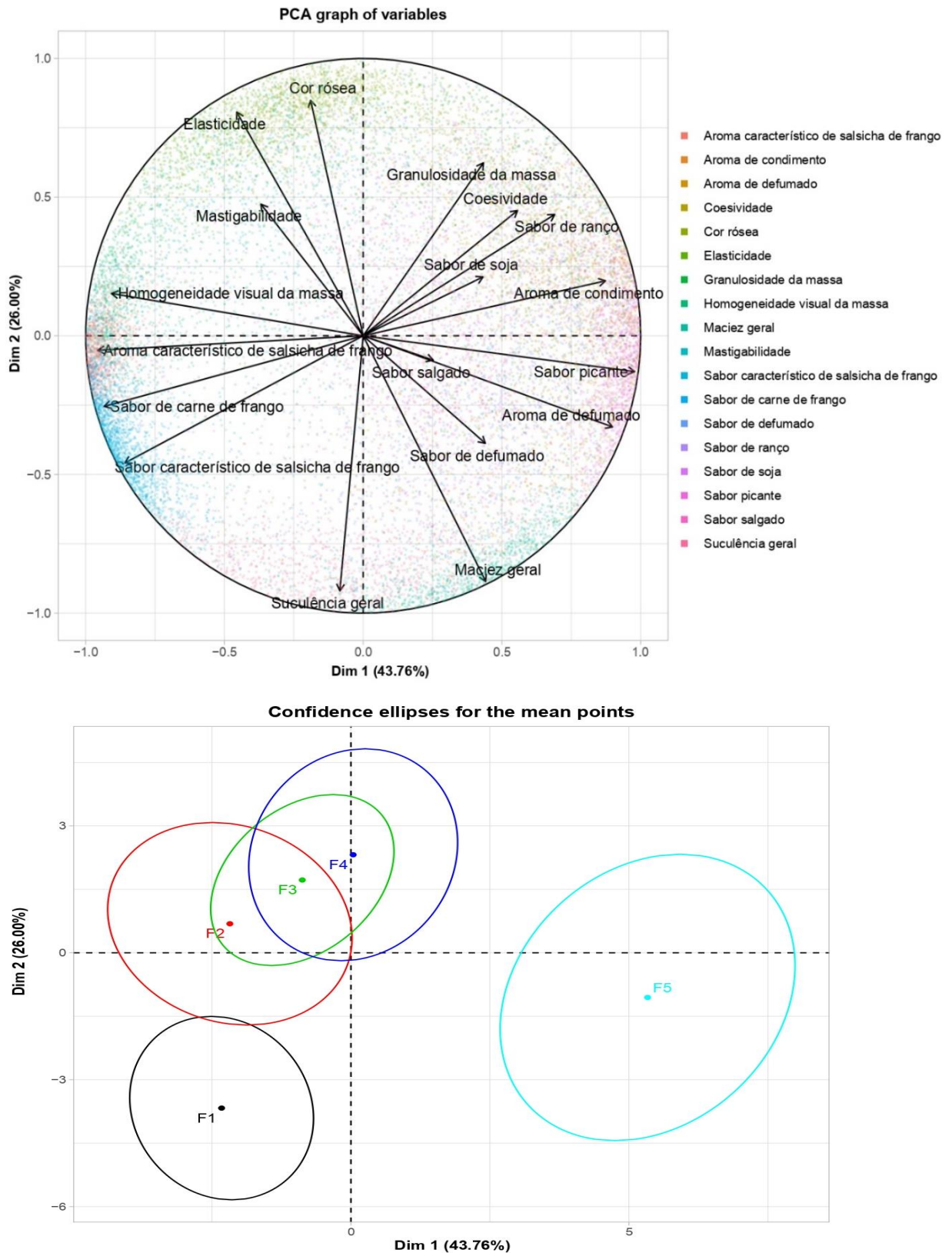
## 5.7 Análise de Componentes Principais (PCA)

Com a finalidade de se obter um panorama geral dos atributos sensoriais em relação aos tratamentos foi realizado uma Análise de Componentes Principais (Figura 9) sobre a matriz de variáveis. A soma das duas dimensões mantiveram 69,76% das informações originais. Na dimensão 2, o tratamento F1 (controle) foi caracterizado por maior aroma característico de salsicha de frango, sabor de carne de frango, sabor característico de salsicha de frango, suculência geral e baixo sabor de soja, ranço e sabor de condimento.

Os tratamentos F2, F3 e F4 apresentaram maior elasticidade, cor rósea, mastigabilidade e homogeneidade visual da massa e menor maciez geral, sabor de defumado e aroma de defumado. Essas características corroboram com os resultados encontrados nas análises instrumentais, onde através da análise de textura, pode-se observar para os mesmos tratamentos mostraram os maiores valores de mastigabilidade da massa, assim com os maiores valores de vermelhidão ( $a^*$ ).

Finalmente, o tratamento F5 (1,5% de proantocianidinas) foi influenciado pelo maior sabor picante, aroma de condimento, aroma de defumado e menor homogeneidade visual da massa, aroma característico de salsicha de frango e sabor característico de salsicha de frango. A adição de proantocianidinas agregou um sabor residual marcante, mascarando os sabores e aromas característicos mais suaves da salsicha de frango e ressaltando o sabor picante.

Sendo assim, entende-se que sensorialmente os tratamentos apresentaram características específicas relacionadas aos atributos avaliados, de acordo com a formulação dos tratamentos, sendo caracterizados pela adição e concentração (%) de proantocianidinas na massa da salsicha de frango.



**Figura 10** – Análise de Componentes Principais sobre os atributos sensoriais que caracterizam os 5 tratamentos da salsicha de frango. F1 = controle, F2 = eritorbato, F3 = 0,5% de proantocianidinas, F4 = 1% de proantocianidinas e F5 = 1,5% de proantocianidinas.



## **6 CONCLUSÕES**

A partir dos resultados obtidos no estudo, pode-se concluir que a adição de proantocianidina de casca de Jatobá na salsicha de frango, em diferentes porcentagens foi capaz de promover melhorias nos aspectos sensoriais do produto, como cor, sabor, aroma e maciez, sem interferir significativamente nos parâmetros texturais, atendendo as exigências nutricionais e microbiológicas para produtos cárneos. Entretanto, a adição de proantocianidina adsorvida em amido não apresentou estabilidade oxidativa superior ao eritorbato, deixando uma lacuna para que novos estudos nesse aspecto sejam realizados, com o intuito de que se possa desenvolver outras formas tecnológicas no emprego deste composto fenólico em alimentos.

## REFERÊNCIAS

ABPA - Associação Brasileira de Proteína Animal. A proteína animal brasileira em 2018: Desafios e Perspectivas. Disponível em:

[http://www.agricultura.gov.br/assuntos/camaras-setoriais-tematicas-documentos/camaras-setoriais/aves-e-suinos/2018/36<sup>a</sup>-ro/abpa-aves-ovos-e-suinos.pdf](http://www.agricultura.gov.br/assuntos/camaras-setoriais-tematicas-documentos/camaras-setoriais/aves-e-suinos/2018/36a-ro/abpa-aves-ovos-e-suinos.pdf) Acesso em: 10 out. 2021.

AL-DUAIS, M. et al. Antioxidant capacity and total phenolics of *Cyphostemma digitatum* before and after processing: Use of different assays. *European Food Research and Technology*, v. 228, n. 5, p. 813–821, 2009.

Adiamo, O. Q., Netzel, M. E., Hoffman, L. C., Gidley, M. J., Osborne, S., & Sultanbawa, Y. (2023). Effects of incorporating processed Acacia seed as an emulsifying agent on the quality attributes of beef sausage. *Meat Science*, 197. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2022.109069>

ARAUJO, C. D. L., COSTA, G. F., OLIVEIRA, F. L. N., & AZERÊDO, G. A. (2021). Elaboration of chicken sausages with fat reduction and inulin addition. *Brazilian Journal of Food Technology*, 24, e2019334. <https://doi.org/10.1590/1981-6723.33419>

AHMED, I., LIN, H., ZOU, L., BRODY, A., LI, Z., QAZI, I., PAVASE, T., LV, L., 2017. A comprehensive review on the application of active packaging technologies to muscle foods. *Food Control* 82, pp. 163 – 178.

KOLAKAWSKA, A.; G. BARTOSZ Oxidation in food components: An introduction G. Bartosz (Ed.), **Food oxidants and antioxidants chemical, biological, and functional properties**, CRC Press Taylor & Francis Group, Boca Raton (2014)

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDUSTRIAS DA ALIMENTAÇÃO. Cenário do consumo de sódio no Brasil. 2013. Disponível em: [www.abia.org.br/sodio/Sodio.pdf](http://www.abia.org.br/sodio/Sodio.pdf). Acesso em: 06 de outubro 2021.

ALSHAIBANI, DHAFER & ZHANG, RONG & WU, VIVIAN. Antibacterial characteristics and activity of Vaccinium macrocarpon proanthocyanidins against diarrheagenic *Escherichia coli*. *Journal of Functional Foods*. 2017. 39. 133-138. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jff.2017.10.003>

BI, J.; TIAN, C.; ZHANG, G-L.; HAO, H. HOU, H-M. Novel procyanidins-loaded chitosan-graft-polyvinyl alcohol film with sustained antibacterial activity for food packaging, *Food Chemistry*, v. 365, 2021, Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.130534>. Acesso em: 16 out. 2021.

BOURNE, M. C. **Texture profile analysis**. *Food Technology*, Chicago, v. 32, p. 62-66, 1978.

HORWITZ, W. (Ed.). **Official Methods of Analysis of AOAC International**. 18 ed. Gaithersbur: AOAC International, 2005. p. 1018.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Instrução Normativa n. 60, de 23 de dezembro de 2019. Estabelece as listas de padrões microbiológicos para alimentos. **Diário Oficial da União**, Brasília, 26 dez. 2019. ed. 249, Seção 1, p.133.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Decreto n. 9.013, de 29 de março de 2017. Dispõe sobre a inspeção industrial e sanitária de produtos de origem animal. **Diário Oficial da União**, Brasília, 29 de março de 2017. ed. 62, Seção 1, p. 3.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa Nº 4, DE 31 DE MARÇO DE 2000. **Diário Oficial da União**, Brasília, 5 abr. 2000. Nº66, Seção 1, p. 6. Disponível em: <http://extranet.agricultura.gov.br/sislegis-consulta/consultarLegislacao.do?operacao=vizualizar&id=7778> Acesso em: 14 de out. 2021

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa Nº22, de 28 de abr. de 2020. **Diário Oficial da União**, Brasília, 30 de abril de 2020. ed.82, Seção: 1, p. 15. Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/instrucao-normativa-n-22-de-28-de-abril-de-2020-254680845> Acesso em: 15 de out. de 2021.

BRASIL. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**, 4 ed. São Paulo: Adolfo Lutz, 2005. 1020 p.

BRAND-WILLIAMS, Wendy; CUVÉLIER, Marie-Elisabeth; BERSET, C. L. W. T. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *LWT-Food science and Technology*, v. 28, n. 1, p. 25-30, 1995.

CÂMARA, A. K. F. I.; VIDAL, V. A. S.; SANTOS, M.; BERNADINELLI, D.; SABADINI, E.; POLLONIO, M.A. R.. Reducing phosphate in emulsified meat products by adding chia (*Salvia hispanica* L.) mucilage in powder or gel format: A clean label technological strategy, **Meat Science**, Volume 163, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2020.108085>. Acesso em: 4 out. 2021.

CHUNTANG, MU & YANG, WENJUN & WANG, PENGJU & ZHAO, JUNXING & HAO, XIAOYAN & ZHANG, JIANXIN. Effects of high-concentrate diet supplemented with grape seed proanthocyanidins on growth performance, liver function, meat quality, and antioxidant activity in finishing lambs. 2020. **Animal Feed Science and Technology**. 266. Disponível em: DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2020.114518>. Acesso em: 8 out. 2021.

Cong, J., Cui, J., Zhang, H., Dzah, C. S., He, Y., & Duan, Y. (2020). Binding affinity, antioxidative capacity and in vitro digestion of complexes of grape seed procyanidins and pork, chicken and fish protein. *Food Research International*, 136. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109530>

CONAB; Ministério da Agricultura. Consumo de carne suína é baixo no País, mas setor espera crescimento. *Jornal Bem Paraná*, 2018. Disponível em:



<https://www.bemparana.com.br/noticia/consumo-de-carne-suina-e-baixo-no-pais-mas-setor-espera-crescimento#.XYlaT95Kjcs>. Acesso em 11 out. 2021

D. PAJUELO, S. DÍAZ, H. QUESADA, A. FERNÁNDEZ-IGLESIAS, M. MULERO, A. AROLA-ARNAL, *et al.* A administração aguda de extrato de proantocianidina de semente de uva modula o metabolismo energético no músculo esquelético e nas mitocôndrias do BAT **Journal of Agricultural & Food Chemistry**, 59 (8) (2011), pp. 4279 – 4287

de Cassia dos SantosNavarro da Silva, R., Minim, V. P. R., Simiqueli, A. A., da Silva Moraes, L. E., Gomide, A. I., & Minim, L. A. (2012). Optimized Descriptive Profile: A rapid methodology for sensory description. *Food Quality and Preference*, 24(1), 190–200. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2011.10.014>

Departamento de Agricultura dos Estados Unidos. Consumo mundial de carne de frango em 2017. Disponível em: <https://www.sna.agr.br/usda-consumo-de-carne-de-frango-2017/> Acesso em 11 out. 2021.

Domingo, C. J. A., Sartagoda, K. J., Catandijan, N. J. C., & Yasin, N. K. (2023). Impact of vegetable fat on the sensory and physicochemical quality characteristics of chevon sausage. *Applied Food Research*, 3(1). <https://doi.org/10.1016/j.afres.2023.100265>

DOMENE, S. M. A.; A contribuição da carne bovina para uma alimentação saudável. São Paulo, 2003. Disponível em: <http://www.beefpoit.com.br/a-contribuicao-da-carne-bovina-para-uma-alimentacao-saudavel-7301/> Acesso em 10 out. 2021.

EPAGRI. Síntese Anual da Agricultura de Santa Catarina 2017-2018. Agropecuária - Brasil SC - Periódico. I. Instituto de Planejamento e Economia Agrícola de Santa Catarina, Florianópolis, SC. II Empresa de Pesquisa Agropecuária 37 e Extensão Rural de Santa Catarina/Centro de Socioeconomia e Planejamento Agrícola - EPAGRI/Cepa, Florianópolis, SC. Disponível em: [http://docweb.epagri.sc.gov.br/website\\_cepa/publicacoes/Sintese\\_2017\\_2018.pdf](http://docweb.epagri.sc.gov.br/website_cepa/publicacoes/Sintese_2017_2018.pdf) Acesso em: 11 out. 2021.

GUYON, C.; MEYNIER A.; LAMBALLERIE, M., Protein and lipid oxidation in meat: A review with emphasis on high-pressure treatments, **Trends in Food Science & Technology**, v. 50, 2016, p. 131-143, <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2016.01.026>.

GUIMARÃES, J. L.; ADELL, E. A. A. **Estrutura e bioquímica do músculo**: Apostila do laboratório de carnes. DTA-FEA-UNICAMP. 1995.

G. Jin, L. He, J. Zhang, X. Yu, J. Wang, F. Huang Effects of temperature and NaCl percentage on lipid oxidation in pork muscle and exploration of the controlling method using response surface methodology (RSM) **Food Chemistry**, 131 (2012), pp. 817-825

HAIHUA YANG, XINGQIAN YE, DONGHONG LIU, JIANCHU CHEN, JINJIE ZHANG, YAN SHEN E DONG YU. Characterization of Unusual Proanthocyanidins in Leaves of Bayberry (*Myrica rubra* Sieb. et Zucc.) **Journal of Agricultural and Food Chemistry** 2011 59 (5), 1622-1629, DOI: 10.1021 / jf103918v.

HORWITZ, W. (Ed). **Official Methods os Analysis of AOAC Internacional**. 18 ed. Gaithersbur: AOAC International, 2005. p.1018.

ILLIPPANGAMA, A.U.; JAYASENA, D. D.; C. J.; MUDANNAYAKE, D. C. Inulin as a functional ingredient and their applications in meat products, **Carbohydrate Polymers**, Volume 275, 2021, Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2021.118706>. Acesso em: 16 out. 2021.

I. SUROWIEC, K.M. KOISTINEN, P.D. FRASER, P.M. Bramley, Proteomic approach for the detection of chicken mechanically recovered meat, **Meat Science**, v.89, 2011, p. 233-237, Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2011.04.004>. Acesso em: 02 out. 2021.

JACOBSEN, C.; LET, M. B.; NIELSEN, N. S.; MEYER, A. S. Antioxidant strategies for preventing oxidative flavour deterioration of foods enriched with n-3 polyunsaturated lipids: a comparative evaluation, **Trends in Food Science & Technology**, v. 19, 2008, p. 76-93, <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2007.08.001>.

J. LIBERA , A. LATOCH , K. WÓJCIAK Utilização de extrato de semente de uva como um antioxidante natural na tecnologia de produtos cárneos inoculados com uma cepa probiótica de laboratório **Foods** , 9 ( 1 ) ( 2020 ) , p. 103

J. LU , H. JIANG , B. LIU , R. BAIYUN , S. LI , Y. LV , *et al.* O extrato de procianidina de semente de uva protege contra a toxicidade pulmonar induzida por Pb, ativando o eixo de sinalização AMPK / Nrf2 / p62 **Food and Chemical Toxicology**, 116 (2018), pp. 59 – 69

KIOKIAS, S. & VARZAKAS, T. ( 2014 ). Atividade de flavonóides e  $\beta$ -caroteno durante a deterioração auto-oxidativa de emulsões de óleo em água para alimentos modelo. **Food Chemistry** , 150 , 280 - 286 .

KIM, T. K.; LEE, M. H.; YONG, H. I.; JANG, H. W.; JUNG, S.; CHOI, Y. S. Impacts of fat types and myofibrillar protein on the rheological properties and thermal stability of meat emulsion systems, **Food Chemistry**, v. 346, 2021, <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.128930>.

L.R.B. MARIUTTI, N. BRAGAGNOLO. Analysis methods for thiobarbituric acid reactive substances and malonaldehyde in food and biological samples J.C. Taylor (Ed.), *Advances in chemistry research*, Vol. 29, **Nova Science Publishers**, Inc., New York (2015), pp. 91-124

Li, C., Xie, W., Zhang, X., Liu, J., Zhang, M., & Shao, J. hua. (2023). Pickering emulsion stabilized by modified pea protein-chitosan composite particles as a new fat substitute improves the quality of pork sausages. *Meat Science*, 197. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2022.109086>

LIU, X., MING, L., LIU, X., & LAN, Z. (2018). A suplementação com extrato de proantocianidina de semente de uva afeta exaustiva fadiga induzida por exercícios em camundongos. **Food & Nutrition Research**, 6, 62. 10.29219 / fnr.v62.1421.

LEÃO, R.FCO. C. Formulação alternativa para elaboração de salsicha em uma indústria de processamento de carnes. **Universidade Tecnológica Federal do Paraná**. Monografia (Especialização), Pato Branco. 2014.

LOBO, A.; LIU, Y.; SONG, Y.; LIU, S.; ZHANG, R.; LIANG, H.; XIN, H. Effect of procyanidins on lipid metabolism and inflammation in rats exposed to alcohol and iron, **Heliyon**, v. 6, Issue 9, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e04847>. Acesso em: 16 out. 2021.

Kong, L., Deng, J., Cai, K., Wu, Y., Ge, J., & Xu, B. (2023). Evaluating the colour formation and oxidation effect of *Leuconostoc mesenteroides* subsp. IMAU:80679 combining with ascorbic acid in fermented sausages. *Food Bioscience*, 102478. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2023.102478>

MIELNIK, M. B.; AABY, K.; ROLFSEN, K.; ELLEKJÆR M. R., NILSSON, A. Quality of comminuted sausages formulated from mechanically deboned poultry meat, **Meat Science**, v. 61, 2002, p. 73-84, [https://doi.org/10.1016/S0309-1740\(01\)00167-X](https://doi.org/10.1016/S0309-1740(01)00167-X).

M.C. ERICKSON Lipid oxidation of muscles foods C.C. Akoh, D.B. Min (Eds.), **Food lipids, chemistry, nutrition and biotechnology** (3rd ed.), CRC Press Taylor & Francis Group, Boca Raton (2008) (chap. 12)

M. ESTÉVEZ Oxidative damage to poultry: From farm to fork. **Poultry Science**, 94 (2015), pp. 1368-1378

M. RAEISI , H. TAJIK , J. ALIAKBARLU , S. VALIPOUR Efeito do revestimento comestível de carboximetilcelulose contendo óleo essencial de zataria multiflora e extrato de semente de uva nos atributos químicos da carne da truta arco-íris **Veterinary Research Forum** , 5 ( 2 ) ( 2014 ) , pp. 89 - 93

MOTA, J. O.; GUILLOU, S.; PIERRE, F.; MEMBRÉ, J-M. Public health risk-benefit assessment of red meat in France: Current consumption and alternative scenarios, **Food and Chemical Toxicology**, v. 149, 2021, Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.fct.2021.111994>. Acesso em: 02 out. 2021.

MOFRAD, M. D.; MOZAFFARI, H.; SHEIKHI, A.; ZAMANI, B.; AZADBAKHT, L.; The association of red meat consumption and mental health in women: A cross-sectional study, **Complementary Therapies in Medicine**, v. 56, 2021, Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ctim.2020.102588>. Acesso em: 02 out. 2021.

MU, C.; HAO, X.; ZHANG, X.; ZHAO, J.; ZHANG, J. Effects of high-concentrate diet supplemented with grape seed procyanidins on the colonic fermentation, colonic morphology, and inflammatory response in lambs, **Animal Feed Science and Technology**, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2021.115118>. Acesso em: 16 out. 2021.

NAKANO, T.; OZIMEK, L.; BETTI, M. Immunological detection of keratan sulfate in meat products with and without mechanically separated chicken meat, **Meat Science**, v. 92, 2012, p. 867-869, <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2012.06.015>.

OSTROSCHI, L. C.; SOUZA, V. B.; ECHALAR-BARRIENTOS, M. A.; TULINI, F. L.; COMUNIAN, T. A.; THOMAZINI, M.; BALIERO J. C.C., ROUDAUT, G.; GENOVESE, M. I.; FAVARO-TRINDADE, C. S. Production of spray-dried proanthocyanidin-rich cinnamon (*Cinnamomum zeylanicum*) extract as a potential functional ingredient: Improvement of stability, sensory aspects and technological properties, **Food Hydrocolloids**, v. 79, 2018, Acesso em: 08 de dez. 2021. doi.org/10.1016/j.foodhyd.2018.01.007.

Özdoğan, G., Lin, X., & Sun, D. W. (2021). Rapid and noninvasive sensory analyses of food products by hyperspectral imaging: Recent application developments. In *Trends in Food Science and Technology* (Vol. 111, pp. 151–165). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.02.044>

PAGLARINI CS, VIDAL VAS, OZAKI MM, RIBEIRO APB, BERNARDINELLI OD, CÂMARA AKFI, HERRERO AM, RUIZ-CAPILLAS C, SABADINI E, POLLONIO MAR. Inulin gelled emulsion as a fat replacer and fiber carrier in healthier Bologna sausage. **Food. Sci. Technol. Int.** 2021 Jan. Disponível em: DOI: 10.1177/1082013220980586. Acesso em: 03 out. 2021.

PARKS, L. L. CARPENTER, J. A. Functionality of six nonmeat proteins in meat emulsion systems. **Journal of Food Science**, Malden, v. 52, n.2, p.271-274, 1987.

POPULATION REFERENCE BUREAU (PRB), 2020. **World Population Data Sheet**. Disponível em: <https://interactives.prb.org/2020-wpbs/> Acesso em: 17 out. 2021.

RAMSAHA, S. , AUMJAUD, BE , NEERGHEEN-BHUJUN, VS & BAHORUN, T. (2015). Chás e plantas tradicionais ricas em polifenóis melhoram a estabilidade lipídica em sistemas de teste de alimentos . **Journal of Food Science** 52 , 773 - 782 .

RG BRANNAN. Effect of grape seed extract on the physicochemical properties of ground and salted chicken thigh meat during refrigerated storage at different levels of relative humidity. **Journal of Food Science**, 73 (1) (2010) , pp. 36 - 40

RUAN, W.; SHEN, S.; XU, Y.; RAN, N.; ZHANG, H. Mechanistic insights into procyanidins as therapies for Alzheimer's disease: A review, **Journal of Functional Foods**, v. 86, 2021. Disponível em: (<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1756464621003327>) Acesso em: 16 out. 2021.

Sakata, R. (2010). Prospects for new technology of meat processing in Japan. In **Meat Science** (Vol. 86, Issue 1, pp. 243–248). <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2010.05.039>

S. KULKARNI , FA DESANTOS , S. KATTAMURI , SJ ROSSI , MS BREWER Efeito do extrato de semente de uva na estabilidade oxidativa, cor e sensorial de um sistema modelo de salsicha bovina pré-cozida, congelada e reaquecida **Meat Science**, 88 ( 1 ) ( 2011 ) , pp. 139 – 144

SÁINZ, IGNACIO & DOMINGUEZ-RODRIGO, MANUEL. (1998). Gradualismo y equilibrio puntuado en el origen del comportamiento humano. **Zephyrus: Revista de prehistoria y arqueología**, Nº 51, 1998, pags. 3-18. 51.

SELANI, M. M. Extrato de bagaço de uva como antioxidante natural em carne de frango processada e armazenada sob congelamento. Dissertação (Mestrado) Universidade de São Paulo. Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos. 2010.

Secretaria de Agricultura e Abastecimento, Instituto de Economia Agrícola (IEA). Downsizing Proteico, 2017. Disponível em: <http://www.iea.agricultura.sp.gov.br/out/TerTexto.php?codTexto=14228> Acesso em: 14 de out. 2021.

SEBRANEK, J. Midiendo la capacidad de retención de agua de los productos cárnicos. 2011. Disponível em: <http://www.carnetec.com/Industry/TechnicalArticles/Details/19413?allowguest=true>. Acesso em: 2 de Outubro de 2021.

Shin, D.-J., Yim, D.-G., Kwon, J. A., Kim, S.-S., Lee, H. J., & Jo, C. (2022). Effect of cutting time and cooking temperature on physicochemical properties of chicken breast meat emulsion sausage with olive oil. *Poultry Science*, 101(1), 101554. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2021.101554>

Simiqueli, A. A., Minim, V. P. R., Silva, R. de C. dos S. N. da, Silva, A. N. da, & Minim, L. A. (2015). How many assessors are necessary for the Optimized Descriptive Profile when associated with training? *Food Quality and Preference*, 44, 62–69. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2015.03.019>

SONG, J.; JIANG, L., PENG, H.; QI, M.; ZHANG, M.; QI, J.; MA, C.; LI, H.; ZHANG, D. Microcapsule prepared by extruding starch and procyanidins inhibited protein oxidation and improved quality of chicken sausages, **LWT**, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.112617>. Acesso em: 19 out. 2021.

Sun, F., Wang, H., Liu, Q., Xia, X., Chen, Q., & Kong, B. (2023). Proteolysis and quality characteristics of Harbin dry sausages caused by the addition of *Staphylococcus xylosum* protease. *Food Chemistry*, 404. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2022.134692>

D'OLIVEIRA, A. M. R. C. A. Otimização do tratamento de Esterilização de emulsões carnes e seu efeito na textura. Dissertação (Mestrado), Programa de Pós-graduação em Engenharia Zootécnica. Instituto Superior de Agronomia, Universidade de Lisboa. Lisboa, 2018.

Tao, W., Pan, H., Jiang, H., Wang, M., Ye, X., & chen, S. (2022). Extraction and identification of proanthocyanidins from the leaves of persimmon and loquat. *Food Chemistry*, 372. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.130780>

TOLDRÁ, F., REIG, M., MORA, L. Management of meat by- and co-products for an improved meat processing sustainability, **Meat Science**, v. 181, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2021.108608>. Acessado em: 15 de out. de 2021.

TOLDRÀ, M.; TABERNER, P.; PARÉS, D.; CARRETERO, C. Surimi-like protein ingredient from porcine spleen as lean meat replacer in emulsion-type sausages, **Meat Science**, v. 182, 2021, <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2021.108640>.

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

YUN XIONG, PANGZHEN ZHANG, ROBYN DOROTHY WARNER, MD NUR HOSSAIN, WILLIAM LEONARD, ZHONGXIANG FANG, Effect of sorghum bran incorporation on the physicochemical and microbial properties of beef sausage during cold storage, **Food Control**, v. 132, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2021.108544>. Acesso em: 2 out. 2021.

da Silva, J. S., Voss, M., de Menezes, C. R., Barin, J. S., Wagner, R., Campagnol, P. C. B., & Cichoski, A. J. (2020). Is it possible to reduce the cooking time of mortadellas using ultrasound without affecting their oxidative and microbiological quality? *Meat Science*, 159. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2019.107947>