



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO TECNOLÓGICO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA QUÍMICA E ENGENHARIA DE ALIMENTOS
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE ALIMENTOS

Beatris Letzov Peloso

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO - ENGENHARIA DE ALIMENTOS

UTILIZAÇÃO DE ADITIVOS NATURAIS EM PRODUTOS CÁRNEOS

Florianópolis
2022
BEATRIS LETZOV PELOSO

UTILIZAÇÃO DE ADITIVOS NATURAIS EM PRODUTOS CÁRNEOS

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação em Engenharia de Alimentos, Departamento de Engenharia Química e Engenharia de Alimentos do Centro Tecnológico da Universidade Federal de Santa Catarina apresentado como requisito para a obtenção do Título de Bacharel em Engenharia de Alimentos

Orientador: Prof. Dr Acácio Antonio Ferreira Zielinski

Título: Utilização de aditivos naturais em compostos cárneos

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Peloso, Beatris Letzov

Utilização de aditivos naturais em produtos cárneos /
Beatris Letzov Peloso ; orientador, Acácio Antonio
Ferreira Zielinski, 2022.

79 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) -
Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico,
Graduação em Engenharia de Alimentos, Florianópolis, 2022.

Inclui referências.

1. Engenharia de Alimentos. 2. antioxidantes. 3.
flavonóides. 4. produtos cárneos. 5. compostos naturais. I.
Antonio Ferreira Zielinski, Acácio. II. Universidade
Federal de Santa Catarina. Graduação em Engenharia de
Alimentos. III. Título.

Professor Orientador: Acácio Antonio Ferreira Zielinski

Banca avaliadora: Professor Dr. Marcelo Lanza

Banca avaliadora: Professor Dr. Germán Ayala Valencia

RESUMO

A carne é um dos produtos mais consumidos na alimentação humana, pois é um alimento altamente nutritivo e pode ser adquirido de várias fontes, como bovina, suína, frango, ovina, cordeiros ou coelho. Um dos principais problemas enfrentados pela indústria de processamento de carnes é a oxidação lipídica que pode ocorrer em sua estrutura, danificando os produtos e causando alterações sensoriais que causam rejeição pelo consumidor. Um dos principais produtos da oxidação lipídica é o malonaldeído, que é quantificado pelo teste de TBARS (substâncias reativas ao ácido 2-tiobarbitúrico) para avaliar o grau de oxidação da carne. Esses valores serviram de comparativo e interpretação da eficácia dos antioxidantes para o presente estudo. Uma das alternativas da indústria para minimizar o problema da rancidez oxidativa é o uso de aditivos antioxidantes e conservantes na carne, para que ela mantenha sua qualidade até chegar na mesa do consumidor. Porém, muitos desses aditivos são potencialmente tóxicos ao ser humano se forem consumidos em excesso, podendo gerar alergias, mutações e até mesmo câncer. Dessa forma, é crescente a preocupação do consumidor com a saúde e com a substituição desses compostos sintéticos por aditivos naturais que possam desempenhar o mesmo papel. Portanto, esta revisão teve como objetivo verificar a utilização de substâncias naturais aplicadas em derivados cárneos das mais diversas fontes. O estudo reuniu artigos recentes que confirmam a eficiência dos fitoquímicos na redução da oxidação, além de agregarem valor nutricional à carne, através do fornecimento de vitaminas e minerais. Antioxidantes naturais também foram capazes de melhorar atributos sensoriais da carne, em alguns casos. O uso dessas substâncias é promissor em vários países e a prevenção da oxidação é feita através da capacidade dos compostos em doar elétrons ou estabilizar radicais livres, pois uma vez que a cadeia é inibida, a propagação da reação oxidativa não ocorre.

Palavras-chave: antioxidantes, flavonóides, antocianinas, betalaínas, curcumina, carotenóides, produtos cárneos, aditivos naturais.

ABSTRACT

Meat is one of the most consumed products in human food, as it is a highly nutritious food and can be purchased from various sources, such as beef, pork, chicken, sheep, lamb or rabbit. One of the main problems faced by the meat processing industry is the lipid oxidation that can occur in its structure, damaging products and causing sensory changes that cause consumer rejection. One of the main products of lipid oxidation is malonaldehyde, which is quantified by the TBARS (2-thiobarbituric acid reactive substances) test to assess the degree of oxidation of meat. These values served as a comparison and interpretation of the effectiveness of antioxidants for the present study. One of the industry's alternatives to minimize the problem of oxidative rancidity is the use of antioxidant additives and preservatives in meat, so that it maintains its quality until it reaches the consumer's table. However, many of these additives are potentially toxic to humans if consumed in excess, which can lead to allergies, mutations and even cancer. Thus, there is a growing consumer concern about health and the replacement of these synthetic compounds by natural additives that can play the same role. Therefore, this review aimed to verify the use of natural substances applied in meat products from the most diverse sources. The study gathered recent articles that confirm the efficiency of phytochemicals in reducing oxidation, in addition to adding nutritional value to meat, through the supply of vitamins and minerals. Natural antioxidants were also able to improve the meat's sensory attributes in some cases. The use of these substances is promising in several countries and the prevention of oxidation is done through the ability of compounds to donate electrons or stabilize free radicals, because once the chain is inhibited, the propagation of the oxidative reaction does not occur.

Keywords: antioxidants, flavonoids, anthocyanins, betalains, curcumin, carotenoids, meat products, natural additives.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Número de publicações sobre o tema entre os anos de 1974 a 2022

Figura 2 - Estruturas de antioxidantes sintéticos utilizados pela indústria

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Resumo dos compostos e produtos utilizados

Tabela 2 – Composição dos extratos

Sumário:

1. Introdução
- 1.2 Objetivo geral
- 1.3 Objetivos específicos
2. Metodologia da pesquisa
3. Revisão bibliográfica
 - 3.1.1 Reações de oxidação (mecanismo de oxidação lipídica)
 - 3.1.2 Pigmentos presentes no sangue de animais que sofrem alterações
 - 3.1.3 Oxidação proteica
 - 3.1.4 Utilização de antioxidantes
 - 3.1.5 Antioxidantes sintéticos
 - 3.2 Antioxidantes naturais – **Revisão bibliográfica – Tabela com resultados**
 - 3.2.1 Adição de fenólicos e betalaínas em produtos curados
 - 3.2.2 Diferentes concentrações de alho em hambúrgueres suínos
 - 3.2.3 Tocoferol e selênio em carne suína congelada
 - 3.2.4 Resíduos fenólicos de abacate em carne suína
 - 3.2.5 Extrato etanólico de semente de manga em cortes de frango
 - 3.2.6 Efeitos de subprodutos vinícolas na estabilidade lipídica de carne suína cozida
 - 3.2.7 Extrato encapsulado de própolis em hambúrguer congelado
 - 3.2.8 Potencial corante e antioxidante de betalaínas em mortadelas de frango
 - 3.2.9 Estabilidade oxidativa de hambúrgueres suínos incorporados com pétala de flor azul
 - 3.2.10 Efeito das betalaínas presentes em figo da Índia em salame
 - 3.2.11 Casca de beterraba na preservação de filés de peixe congelado
 - 3.2.12 Incorporação de folhas de louro e sálvia em filmes comestíveis produzidos em almôndegas
 - 3.2.13 Adição de óleos essenciais em produtos embutidos
 - 3.2.14 Contribuição do extrato de jabuticaba na preservação da qualidade de linguiças
 - 3.2.15 Efeito sinérgico entre alecrim e chá verde em linguiças suínas
 - 3.2.16 Extratos de chá verde, castanha e uva em patê de fígado suíno
 - 3.2.17 Adição de óleo essencial de noz moscada em linguiça cozida
 - 3.2.18 Extrato de bérberis (*Berberis vulgaris L.*) em embutidos de frango
 - 3.2.19 Efeito do óleo de cravo em nuggets de carne de cabra
 - 3.2.20 Pó de acerola, alecrim e extrato de alcaçuz em nuggets de carne de jacaré
 - 3.2.21 Extratos de folha de sobreiro em carne cozida
 - 3.2.22 Influência de extratos de pitanga na oxidação lipídica de hambúrguer suíno
 - 3.2.23 Polifenóis de casca de ameixa adicionados em hambúrgueres de peito de frango
 - 3.2.24 Efeito da adição de mirtilo andino em hambúrguer suíno
 - 3.2.25 Extratos de folha de oliveira em carne suína cozida
 - 3.2.26 Atividade antioxidante de casca de romã em almôndegas bovinas
 - 3.2.27 Extratos de madeira de carvalho em hambúrgueres crus de carne suína
 - 3.2.28 Combinação entre os extratos de noz moscada e de frutas cítricas em almôndegas
 - 3.2.29 Efeitos da polpa cítrica e do bagaço de uva na conservação de carne bovina
 - 3.2.30 Contribuição do extrato de açaí em carne de hambúrgueres suínos
 - 3.2.31 Pó de folhas de acácia branca e sua atividade antioxidante em carne moída
 - 3.2.32 Utilização de micro cristais de curcumina em mortadela
 - 3.2.33 Efeito do pó de cúrcuma e vitamina C em hambúrgueres de carne de coelho

- 3.2.34 Carne de cabra suplementada com folhas de acácia branca e semente de girassol
 - 3.2.35 Erva de santa maria utilizada em carne moída crua, cozida e congelada
 - 3.2.36 Carne ovina suplementada com vinho tinto ou vitamina E
 - 3.2.37 Capacidade antioxidante do molho de soja em hambúrgueres crus
 - 3.2.38 Polifenóis de kiwi na proteção da carne bovina
 - 3.2.39 Efeito do extrato de água de arroz preto em hambúrgueres refrigerados
 - 3.2.40 Adição do extrato de antocianina em carne bovina
 - 3.2.41 Efeitos das catequinas do chá verde em costeletas de cordeiro
 - 3.2.42 Utilização de frutas vermelhas na estabilização lipídica de hambúrgueres suínos
 - 3.2.43 Revestimento de casca de maçã utilizado em carne bovina
 - 3.2.44 Subprodutos de alcachofra adicionados em hambúrgueres crus refrigerados
 - 3.2.45 Efeito antioxidante de groselha preta em hambúrgueres suínos
 - 3.2.46 Efeito da casca verde de pistache em hambúrgueres bovinos
 - 3.2.47 Adição de extratos de frutas vermelhas em hambúrgueres bovinos
 - 3.2.48 Adição de algas marinhas e uso de vitamina E em carne suína
 - 3.2.49 Capacidade antioxidante de bagaço de uva em dietas de cordeiros
 - 3.2.50 Extratos de acerola em hambúrgueres de carne bovina moída
 - 3.2.51 Cogumelo shiitake na manutenção da qualidade de salsichas
 - 3.2.52 Cúrcuma adicionada em hambúrgueres de carne de pato
 - 3.2.53 Adição de um filme comestível de cúrcuma em carne suína, frango e lombo bovino
 - 3.2.54 Atuação de polifenóis de amora na estabilização de carne suína picada
 - 3.2.55 Extrato de semente de uva em carne de carneiro
 - 3.2.56 Extrato natural de folhas de goiaba em linguiça suína
 - 3.2.57 Filés de truta arco-íris incorporados com ervas e especiarias
 - 3.2.58 Efeito sinérgico entre extrato de tomate e de hortelã-pimenta em linguiça suína cozida
 - 3.2.59 Efeitos da combinação entre alecrim e chá verde em linguiça suína
 - 3.2.60 Revestimento de quitosana em filés de peixe congelado
4. Conclusão
5. Referências

Introdução

Por ser considerada uma excelente fonte de proteínas e de vitaminas do complexo B, a carne é um alimento muito consumido no Brasil e no mundo. Assim como em muitos produtos da indústria alimentícia, derivados cárneos também sofrem com a deterioração bacteriana. Porém, um dos principais limitadores da vida útil de alimentos cárneos é a oxidação lipídica, que causa alterações sensoriais e nutricionais nos produtos. Alimentos ricos em lipídios insaturados, pigmentos heme e catalisadores são propícios para o surgimento dessa reação indesejável, sinalizando um desafio para a indústria que busca cada vez mais atender às necessidades dos consumidores. Uma das maneiras de reduzir a oxidação lipídica é a adição de conservantes e antioxidantes (OLIVEIRA, R.R. et al., 2012).

As alterações que mais prejudicam os derivados cárneos estão relacionadas às suas características sensoriais, como mudança na cor, sabor, textura e aroma (CONTINI et al., 2014). O uso de antioxidantes pode reduzir essas alterações e retardar a oxidação, preservando a qualidade dos alimentos. Uma das alternativas é a utilização de antioxidantes sintéticos, apesar das recentes evidências sobre o potencial carcinogênico desses aditivos (*National Toxicology Reports*, 2016). O BHA (2,3-terc-butil-4-hidroxianisol), o Propil Galato (PG) e o BHT (hidroxitolueno butilado) são exemplos de compostos com esse potencial nocivo, segundo a Agência Internacional de Pesquisa sobre o Câncer (IARC). Também são utilizados nitrito, nitrato e ascorbato de sódio para preservar a qualidade das carnes. As razões que explicam o uso de tais substâncias estão associadas ao baixo custo, elevada estabilidade, e por fornecerem aos alimentos uma grande variedade de cores (Leão et al., 2017).

A oxidação ocorre com a perda de pelo menos um elétron dos elementos em produtos alimentícios quando estes são expostos ao oxigênio do ar atmosférico (Leão et al., 2017). Essa reação corresponde à principal causa não microbiológica da diminuição de qualidade no processamento de produtos cárneos. Os lipídios se encontram de diversas formas nos músculos de carnes: em membranas celulares, como tecido adiposo, ou ainda como hormônios esteróides. São conhecidos pela facilidade de serem oxidados, principalmente após o abate dos animais (Leão et al., 2017). A oxidação resulta em diversos danos sensoriais que podem influenciar o consumidor no momento de adquirir o produto, como por exemplo o sabor “rançoso”.

A oxidação ocorre por meio de um mecanismo autocatalítico de radicais livres que possui três fases: iniciação, propagação e terminação. A primeira fase é responsável por produzir o radical alquil do ácido graxo, que reage com o oxigênio para formar radicais peróxidos na propagação. Esses compostos, por sua vez, reagem com ácidos graxos

insaturados e formam hidroxiperóxidos, que são decompostos em substâncias aromáticas voláteis, alterando o sabor da carne. Dentre essas substâncias, destacam-se os aldeídos voláteis (Leão et al., 2017).

Os antioxidantes classificados como endógenos estão contidos no tecido muscular animal e controlam a oxidação lipídica enquanto o animal ainda está vivo. Essas substâncias continuam funcionando após o abate, porém com menor eficiência. Desta forma, é necessária a utilização de aditivos alimentares após o cozimento do produto (Leão et al., 2017). A aplicação de substâncias antioxidantes é justificável pelas perdas econômicas nas indústrias de processamento de carnes, que ocorrem pois os consumidores rejeitam produtos que estejam deteriorados (M. Estévez et al., 2021). Os antioxidantes sintéticos funcionam sequestrando radicais livres ou reduzindo a formação de radicais iniciadores da oxidação, aumentando o tempo de estocagem da carne fresca e de seus subprodutos (Leão et al., 2017). Conforme citado anteriormente, o uso das substâncias sintéticas pode ser tóxico, o que leva a um aumento da preocupação dos consumidores na busca de alimentos naturais e que não sejam tão prejudiciais.

Diversas propriedades de plantas medicinais são estudadas para uso como fonte de antioxidantes, onde cresce o interesse em aplicar essas propriedades em derivados cárneos (Leão et al., 2017). Os parâmetros para verificar a eficácia desses antioxidantes são: redução da oxidação lipídica e proteica, mudança na coloração do produto e atuação no crescimento bacteriano (Leão et al., 2017). De acordo com essas considerações, foi feita uma pesquisa em diversas publicações científicas para investigar o potencial antioxidante de produtos naturais como ervas, especiarias, vegetais, frutas e sementes. É notável um elevado interesse na utilização de produtos naturais para conservar produtos que são consumidos no Brasil e no mundo, apontando o futuro promissor da adoção dessa prática.

Objetivos:

Objetivo geral: Verificar a utilização de substâncias naturais aplicadas em derivados cárneos

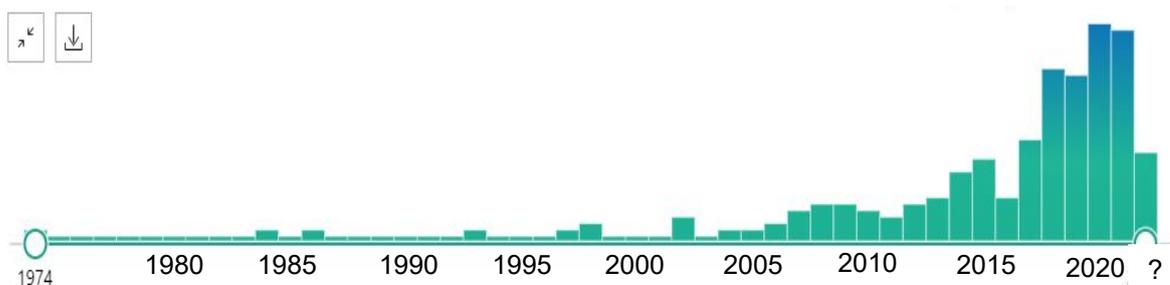
Objetivos específicos: Levantar diferentes aplicações dos compostos naturais.
Avaliar a atuação dos extratos naturais em produtos cárneos que sofrem rancidez oxidativa;
Comparar os efeitos dos aditivos naturais e artificiais nos alimentos;

Revisar estudos existentes na literatura sobre aditivos naturais e seus benefícios à saúde humana.

2. Metodologia da pesquisa

O propósito da revisão de literatura é condensar informações de pesquisas realizadas sobre o tema anteriormente, detalhando o objetivo de cada estudo e contribuindo para a tese inicial de possibilidade de usos dos aditivos naturais. A interpretação das informações traz novas conclusões e aprofunda os conhecimentos na área da indústria alimentícia e bioquímica. A presente pesquisa foi feita com base em estudos realizados em artigos científicos e um trabalho de mestrado. As palavras-chaves utilizadas para produzir o conteúdo teórico deste trabalho, foram: compostos fenólicos, aditivos químicos naturais, carotenóides, antioxidantes, betalaínas, carnes, estabilidade, embutidos. De acordo com o site PubMed.gov (National Library of Medicine), nos últimos seis anos houve um aumento expressivo nas publicações sobre antioxidantes naturais em derivados de carnes. O ano de 2020 foi marcado pelo maior número de publicações sobre o tema: 33 artigos citando palavras-chaves como *natural compounds*, *oxidation*, e *meat products*. O levantamento leva em consideração as publicações finalizadas até o ano de 2021, pois o ano de 2022 não terminou ainda. A partir do ano de 2010, é possível perceber um aumento no número de pesquisas, e após 2015 esse aumento foi ainda mais expressivo, devido à recente busca do consumidor por alimentos mais saudáveis e compostos que não tenham potencial tóxico. Esses valores também foram observados pois a descoberta do potencial tóxico dos antioxidantes BHA e BHT também é mais recente.

Figura 1. Número de publicações sobre o tema entre os anos de 1974 a 2022



Fonte: PubMed.gov

3. Revisão bibliográfica

3.1.1 Reações de oxidação (Mecanismo da oxidação lipídica):

Um dos alimentos mais consumidos na dieta humana é a carne, que além de ser uma boa fonte de proteína possui minerais e todas as vitaminas do complexo B. Este produto tem recebido atenção em relação ao modo de conservação de suas propriedades funcionais, para garantir a aceitação pelo consumidor e rentabilidade para a indústria. A carne *in natura* e seus derivados apresentam reações de oxidação lipídica devido à composição rica em ácidos graxos poliinsaturados, de modo que este fenômeno ocorre no processamento e durante a conservação. O processo de oxidação altera aspectos de coloração e maciez da carne, além de formar compostos tóxicos para o organismo como o malonaldeído e os óxidos de colesterol (OLIVEIRA et al, 2012).

Com a finalidade de minimizar a oxidação, a indústria utiliza antioxidantes sintéticos para preservar os alimentos. Em contrapartida, a partir dos anos 80 foram intensificados estudos que demonstram a toxicidade destes compostos, restringindo sua utilização em diversos países. Além disso, os consumidores também se atentam cada vez mais no que diz respeito à segurança dos aditivos alimentares, criando a necessidade de encontrar alternativas naturais que sejam mais seguras.

Os principais fatores relacionados à ocorrência da rancificação oxidativa estão associados à quantidade de oxigênio presente, o tipo de ácido graxo insaturado, o grau de insaturação, a exposição à luz e a temperatura de armazenamento. Quanto maior a temperatura, maior será a velocidade com que a reação se desenvolve (Food Ingredients Brasil, Nº 29 - 2014, p. 44). A reação do oxigênio com a gordura insaturada é duplicada a cada aumento de 10°C na temperatura, por isso a refrigeração e o congelamento dos alimentos são duas formas de reduzir a velocidade da reação. Outros fatores de influência na oxidação lipídica são a presença de catalisadores, chamados também de pró-oxidantes, como os metais, e a atividade de água dos alimentos. De acordo com a *Food Ingredients Brasil*, “a presença de água livre aumenta a atividade catalítica dos metais, aumentando o risco de oxidação”.

Os lipídios são um conjunto de produtos orgânicos que possuem em comum o fato de serem insolúveis em água e solúveis em solventes apolares, como por exemplo o hexano, éter e clorofórmio (OLIVEIRA, et al, 2012). Os ácidos graxos constituem a maior parte dos lipídios, sendo formados por uma cadeia de hidrocarbonetos com um grupo carboxílico (OH-C=O) em uma extremidade da cadeia e um grupo metílico (CH₃) na outra. Os ácidos graxos podem ser classificados como saturados (AGSs), monoinsaturados

(AGMs) e poli-insaturados (AGPs), dependendo da quantidade de ligações duplas. A maior parte dos lipídios é de ácidos graxos saturados, em seguida os monoinsaturados, e apenas uma pequena parte é composta por ácidos graxos poli-insaturados (OLIVEIRA, et al., 2012). A oxidação lipídica ocorre pela degradação dos ácidos graxos poli-insaturados, não ocorrendo com muita frequência em ácidos graxos saturados, pois nesse caso a formação de um radical livre seria energeticamente desfavorável. Apenas sob drásticas condições de temperatura seria possível formar um radical livre pelo rompimento da ligação C-H de uma cadeia carbônica saturada, onde essa ruptura exigiria aproximadamente 100 kcal/mol de energia. A presença de duplas ligações na cadeia carbônica dos ácidos graxos insaturados diminui a energia necessária para ruptura das ligações C-H para um valor próximo de 60 kcal/mol (OLIVEIRA, et al., 2012).

Pode-se considerar a carne como um produto suscetível à deterioração oxidativa, pelo seu conteúdo de ácidos graxos insaturados. Esse processo ainda pode ser acelerado por atividades como o corte e cozimento, que rompem as membranas celulares do músculo facilitando a interação dos ácidos graxos insaturados com substâncias que induzem o estresse oxidativo (OLIVEIRA, et al., 2012). A oxidação lipídica e do pigmento começam após o momento do abate do animal, quando a ação antioxidante do tecido cárneo é limitada pela cessação do fluxo sanguíneo. Os lipídios e pigmentos se tornam suscetíveis à ação dos radicais livres e espécies reativas do oxigênio. Alterações bioquímicas que ocorrem juntamente com a conversão do músculo em carne oferecem condições favoráveis para a oxidação na parte mais insaturada de fosfolipídios (os componentes da membrana plasmática das células), onde o balanço entre os fatores pró-oxidativos e a capacidade antioxidativa não está controlado, resultando na oxidação lipídica (OLIVEIRA, et al., 2012).

Como após o abate o sistema enzimático das células não é mais capaz de reduzir os radicais livres na célula muscular, ocorre a oxidação dos lipídios e de substâncias como a mioglobina, transformando o íon ferroso (+2) em íon férrico (+3). Isso modifica a cor da carne de um vermelho brilhante (oximioglobina) para um marrom acinzentado (metamioglobina), que causa rejeição pelo consumidor (OLIVEIRA, et al., 2012). Existe a seguinte interdependência entre a oxidação lipídica e a oxidação da cor em carnes: a oxidação do pigmento pode catalisar a oxidação lipídica, da mesma forma que os radicais livres produzidos durante a oxidação lipídica podem oxidar o átomo de ferro ou até desnaturar a molécula de mioglobina, causando alterações indesejáveis na cor dos produtos cárneos (OLIVEIRA, et al., 2012). O processo de oxidação pode ser acompanhado através do valor de TBARS, pois os produtos primários de oxidação são constituídos por hidroperóxidos, que são rapidamente decompostos em várias substâncias reativas ao ácido 2-tiobarbitúrico (TBARS), especialmente carbonilas (grupos funcionais constituídos de um carbono e um oxigênio, ligados por uma dupla ligação), onde o malonaldeído (MDA) é o

elemento mais importante (OLIVEIRA, et al., 2012). Dessa maneira, o valor de TBARS é medido em mg MDA/kg de carne, e indica o nível de oxidação de um composto cárneo.

O malonaldeído é muito reativo, capaz de interagir com moléculas de DNA e proteínas, danificando cromossomos e reduzindo a capacidade de síntese proteica. É uma substância que pode ser formada *in vivo* ou pré-formada em alimentos. Existem ainda estudos que demonstram potencial cancerígeno do malonaldeído (OLIVEIRA, et al., 2012) e potencial mutagênico (OLIVEIRA, et al., 2012). Este composto tóxico chama a atenção da comunidade científica, juntamente com os óxidos de colesterol, devido a provável relação deles com a formação de câncer (OLIVEIRA, et al., 2012).

A oxidação dos lipídios tem início nas ligações insaturadas dos ácidos graxos. O processo ocorre na forma de reação em cadeia em três fases: início, propagação e término. A presença de radicais livres nas fases de iniciação e propagação é decisiva. Essas moléculas reativas são produzidas durante o metabolismo do oxigênio nos tecidos e são denominadas espécies reativas de oxigênio. São divididas em radicais livres ou não radicais, onde alguns destes radicais são produzidos durante o metabolismo aeróbio das células vivas, como o radical superóxido (O_2^-). Os compostos O_2 e H_2O_2 (peróxido de hidrogênio) possuem pouca reatividade química, mas quando são expostos a determinados íons metálicos (como Fe^{+2} e Cu^{+2}), geram um radical livre altamente reativo, o radical hidroxila (OH). Este radical é fundamental para a iniciação da oxidação nos tecidos animais, pois ele pode remover rapidamente um átomo de hidrogênio do ácido graxo insaturado. Os principais alvos do radical hidroxila (OH^-) são os lipídios, as proteínas e o DNA (OLIVEIRA, et al., 2012).

O processo de oxidação pode ser descrito como uma reação em cadeia, composta por uma série complexa de reações químicas, que ocorre entre o oxigênio atmosférico e os ácidos graxos insaturados. Essas reações ocorrem em três estágios: iniciação, propagação e terminação.

- 1) Iniciação: ocorre quando um átomo de Hidrogênio é retirado de um carbono da cadeia do ácido graxo insaturado, formando um radical livre e deixando um elétron desemparelhado no carbono. Para que ocorra a oxidação, é necessário a presença de oxigênio e de uma certa energia inicial.

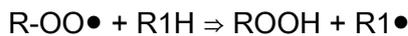
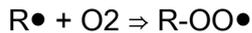


O oxigênio é adicionado ao radical livre e forma um radical peróxido.



- 2) Propagação: essa etapa é caracterizada pela reação em cadeia de radicais livres, pelo alto consumo de oxigênio, alto teor de peróxidos formados e marca o início da

modificação no aroma e no sabor do produto. Cada radical peróxido pode remover um Hidrogênio (H) de uma molécula de ácido graxo não oxidada. Os peróxidos formados podem participar das reações de decomposição e de formação de novos radicais livres. Desta forma, a degradação oxidativa lipídica é comumente descrita como um processo autocatalítico. A oxidação inicia devido a presença de certas substâncias presentes nos alimentos, como: íons metálicos, enzimas e presença de luz ultravioleta.



Íons metálicos como Cu, Co e Fe são considerados pró-oxidantes (estimulam a oxidação lipídica), e auxiliam na formação de radicais livres, aumentando o número desses ao decompor os hidroperóxidos.

- 3) Terminação: esta etapa é marcada pela interrupção das reações em cadeia, pois quando a quantidade de ácido graxo insaturado diminui, os radicais livres ligam-se uns aos outros formando compostos estáveis. Os produtos finais são derivados da decomposição dos hidroperóxidos, dentre eles: álcoois, aldeído, cetonas, ésteres e outros hidrocarbonetos. Aldeídos e demais compostos voláteis produzidos podem causar sabor e odor desagradáveis ao alimento, diminuindo a qualidade e a aceitação do produto. A terminação ocorre após a interação de dois radicais livres, formando substâncias estáveis, terminando o papel deles como propagadores da reação. A principal característica da terminação é a diminuição do consumo de oxigênio e a redução dos peróxidos. Ao final do processo, o alimento já apresenta alterações na sua consistência.



Existem vários métodos analíticos para avaliar o estado de oxidação lipídica de uma gordura. Os mais utilizados são a determinação dos índices de peróxido e TBA (índice de ácido tiobarbitúrico), que indica a quantidade de produtos da oxidação secundária.

Os principais fatores que contribuem para a rancificação oxidativa são:

Ácidos graxos constituintes: a quantidade, posição e geometria das ligações aumentam a velocidade da oxidação.

Disponibilidade de Oxigênio: quanto maior a quantidade de oxigênio no meio, maior a velocidade da reação.

Área superficial: quanto maior a área superficial, maior a exposição ao O₂.

Atividade de água: para valores de atividade de água maiores do que 0,3, a taxa de oxidação é alta, devido ao maior contato entre os substratos e reagentes. Atividade de água intermediária (valor entre 0,3 e 0,55) proporciona menor velocidade de oxidação. Se a atividade de água for maior do que 0,55, a velocidade de reação aumenta novamente devido à atividade dos metais catalisadores.

Catalisadores: substâncias capazes de aumentar a velocidade da reação. Estão nesse grupo os íons metálicos, radiações ultravioleta, pigmentos como clorofila e mioglobina.

3.1.2 Pigmentos presentes no sangue de animais que sofrem alterações

Existem dois pigmentos encontrados na carne animal: a hemoglobina (presente no sangue) e a mioglobina (presente nos músculos). A hemoglobina transporta gás oxigênio pelo sangue até a superfície dos músculos, enquanto que a mioglobina realiza o transporte de oxigênio pelo músculo. A mioglobina é composta por uma parte proteica (globina) e uma parte não-proteica (grupo ou anel heme). O grupo heme possui o íon Fe e desempenha um importante papel nas mudanças de coloração da carne. Quando este íon é oxidado e alterado para o estado ferroso, ele não é mais capaz de reagir com outras moléculas, como O₂ e água (H₂O). No momento em que o íon Fe é reduzido e atinge o estado férrico, ele consegue reagir com as moléculas citadas. Por isso, para que a carne tenha coloração desejável, é preciso que a mioglobina esteja na forma reduzida (estado férrico). Em condições de alta temperatura e pH, ocorre também um aumento da atividade enzimática, fazendo com que o O₂ seja reduzido, gerando a coloração púrpura (mioglobina reduzida).

A carne envelhecida se torna marrom devido à transformação da mioglobina em metamioglobina. Esse é o principal motivo de rejeição dos produtos pelos consumidores. A oxidação lipídica acelera a formação de metamioglobina, que aumenta a taxa de deterioração dos produtos. Esse processo também depende de fatores como pH do meio e teor de antioxidantes internos da carne. A taxa de oxidação é proporcional ao número de insaturações do ácido graxo, que definem a cor e estabilidade dos produtos (OLIVEIRA, et al., 2012).

3.1.3 Oxidação proteica

Além dos lipídios e do ferro heme, as proteínas da carne também podem sofrer oxidação (M. Estévez et al., 2021). A oxidação proteica pode ser descrita como a modificação covalente de uma proteína, induzida por espécies reativas de oxigênio. As

reações de oxidação que ocorrem nos músculos podem desencadear a formação de carbonilas (aldeídos e cetonas), polímeros de proteínas e cisões peptídicas. A formação de carbonilas é um marcador de danos à proteína (Leão et al., 2017), que pode significar mudanças funcionais, como a habilidade de formar géis, a capacidade de emulsificação, modificar a solubilidade, viscosidade e capacidade de retenção de água, podendo afetar a qualidade da carne e dos subprodutos (Leão et al., 2017).

3.1.4 Utilização de antioxidantes

Segundo o órgão FDA (Food and Drug Administration), a agência federal do Departamento de Saúde e Serviços Humanos dos Estados Unidos, antioxidantes são:

substâncias utilizadas para preservar e estender o shelf-life (vida útil) de alimentos que contenham lipídios oxidáveis, por meio da diminuição da velocidade de processos como descoloração e rancidez.

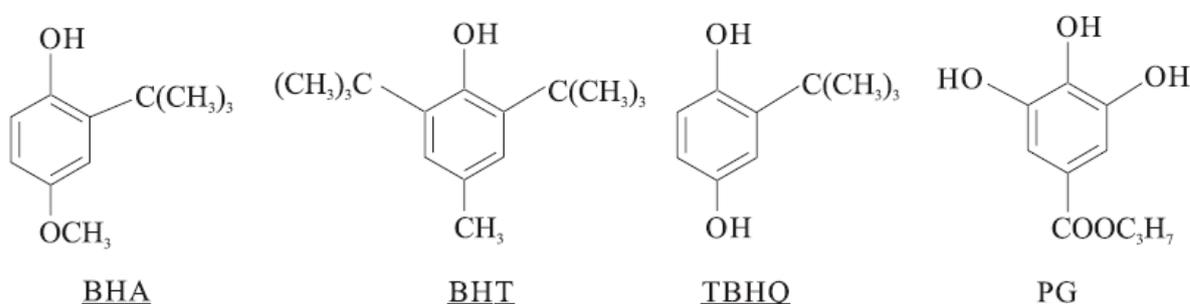
Por definição, a atividade antioxidante é a capacidade de um composto de inibir a oxidação lipídica (OLIVEIRA et al., 2012). Entre as características necessárias para um antioxidante ser incorporado aos alimentos, estão: ter compatibilidade com os alimentos; solubilidade em meios apolares; devem ser eficientes em baixas concentrações (0,001% a 0,01%); preservar as características sensoriais dos alimentos; devem ser estáveis a processamentos térmicos e armazenamento; não devem exercer nenhum efeito significativo no crescimento de animais experimentais, submetidos a um longo tempo de experimento. Não podem ser tóxicos mesmo em doses muito maiores das que normalmente seriam ingeridas no alimento, devem ser ativos em baixas temperaturas, econômicos e não podem causar efeitos fisiológicos negativos. Além de todos esses fatores, devem ser consideradas as especificações da legislação, custo e preferência do consumidor por antioxidantes naturais (OLIVEIRA et al., 2012).

A utilização de antioxidantes em produtos alimentícios é controlada pela legislação de cada país ou por padrões internacionais, de modo que apenas alguns compostos tidos como seguros pelas organizações internacionais como a Food and Agriculture Organization (FAO), Joint Expert Committee (JECFA) e a World Health Organization (WHO) são permitidos para uso em alimentos. A aprovação de antioxidantes para utilização em alimentos precisa de análises toxicológicas sobre a possibilidade de efeitos mutagênicos e carcinogênicos (OLIVEIRA et al., 2012).

3.1.5 Antioxidantes sintéticos

Uma vez que os compostos sintéticos são de menor custo e grande eficiência, são amplamente utilizados na indústria alimentícia, como é o caso do butil-hidroxi-anisol (BHA), butil-hidroxi-tolueno (BHT), terc-butil-hidroxiquinona (TBHQ) e propil galato (PG), demonstrados na figura 2. O uso de antioxidantes sintéticos tem sido associado a efeitos nocivos ao organismo humano, aumentando a preocupação para obter substâncias naturais que consigam desempenhar função antioxidante com a mesma eficiência dos sintéticos (OLIVEIRA et al., 2012).

Figura 2: Estruturas de antioxidantes sintéticos utilizados pela indústria



Fonte: Ana Augusta Salvador, 2017

Estudos conduzidos com BHA para verificação de sua toxicidade obtiveram resultados negativos até 1982. Porém, estes não poderiam ser aceitos, visto que possuíam duração insuficiente ou então deficiências na seleção de tecidos para análises histopatológicas, em comparação com os padrões atuais. A partir de 1983, após a observação do desenvolvimento de tumores no estômago de roedores, os estudos sobre a toxicidade deste aditivo foram retomados (OLIVEIRA et al., 2012). Diversos autores debateram o assunto, concluindo que a ocorrência deste efeito em humanos seria pouco provável. Isso se deve ao fato de que o nível de BHA necessário para causar efeitos carcinogênicos em roedores é muito superior aos níveis que o homem normalmente consome (OLIVEIRA et al., 2012).

O BHT é comercializado na forma de cristal branco sólido, empregado como antioxidante em gorduras animais, cereais matinais, vitaminas, salames, entre outros. Os principais alvos de sua toxicidade são o fígado, pulmões e sangue. Em ratos, os efeitos do BHT sobre o fígado foram mais severos do que os observados com adição do BHA (OLIVEIRA et al., 2012). O TBHQ, por sua vez, foi testado em experimentos a longo prazo com ratos. Não foram obtidas alterações hemorrágicas como aquelas observadas em ratos que entraram em contato com o BHT. O TBHQ também não ocasionou nenhuma lesão no pulmão dos roedores (OLIVEIRA et al., 2012).

Devido aos motivos supracitados, a utilização de antioxidantes sintéticos é limitada. O uso de TBHQ não é permitido no Canadá e na Comunidade Europeia. No território brasileiro, o uso de antioxidantes sintéticos é controlado pelo Ministério da Saúde que limita 100 mg/kg para BHA, BHT e PG e 200 mg/kg para TBHQ como concentrações máximas permitidas (OLIVEIRA et al., 2012). Nos últimos anos, órgãos como JECFA, a FAO e a WHO atuam na alteração da ingestão diária aceitável (IDA) destas substâncias, utilizando como fundamentação os resultados de pesquisas científicas que demonstram efeitos tóxicos destes compostos. Portanto, é importante destacar que a IDA de um composto, assim como os níveis de uso permitido em diferentes alimentos, podem ser alterados a qualquer momento, desde que novos estudos apareçam para comprovar. É de extrema importância a continuidade dos estudos toxicológicos, bem como a realização periódica de estudos sobre ingestão de antioxidantes e outros aditivos, para que a IDA do determinado alimento esteja sempre atualizada (OLIVEIRA et al., 2012).

Além dos compostos citados ainda existem os nitritos e nitratos de sódio, muito utilizados pela indústria para conservar carnes. Essas substâncias são adicionadas aos alimentos para impedir ou retardar ações enzimáticas e microbianas (Iamarino et al., 2015). A principal preocupação com o uso desses compostos está relacionada aos efeitos tóxicos se consumidos em excesso, pois podem formar substâncias nitrosas como a N-nitrosodimetilamina e monometil nitrosamina, que são mutagênicos e carcinogênicos (Iamarino et al., 2021).

Neste sentido, diversas pesquisas vêm sendo feitas com o objetivo de encontrar substitutos naturais com atividade antioxidante, para diminuir a quantidade de aditivos sintéticos nos alimentos.

3.2 Antioxidantes Naturais - Revisão bibliográfica

Produto cárneo utilizado	Extrato natural	Quantidade utilizada na carne	Composto responsável pela atividade antioxidante	Referências	Resultados obtidos
---------------------------------	------------------------	--------------------------------------	---	--------------------	---------------------------

salsicha fermentada	beterraba e rabanete	1,0% e 0,5% de cada composto	betalaínas e fenólicos	M.M. Ozaki et al., 2021	O rabanete 1% foi mais eficaz em reduzir a oxidação lipídica, pois a concentração de beterraba poderia ser maior
hambúrguer suíno	alho	1%, 0,5%, 2%	fenólicos	Ji-Han Kim et al., 2019	A proteção lipídica foi mais proeminente na amostra onde a concentração de alho era maior
carne suína	óleo de linhaça e vitamina E	3% de óleo, 100 mg/kg vitamina E	fenólicos, tocoferóis	Horczycka et al., 2020	A vitamina E foi responsável pela maior atividade antioxidante da carne tratada
carne suína	abacate	30 g/kg	fenólicos, tocoferóis	LOPÉZ, S. H. H. et al., 2016	O valor de TBARS na amostra tratada foi muito menor do que a amostra controle, indicando eficácia da antioxidação do abacate
frango	semente de manga	200 a 1000 mg/kg	fenólicos, polifenóis	FARIAS, N. N. P. et al., 2019	O extrato a 600 mg/kg foi suficiente para aumentar a capacidade antioxidante da carne

carne suína	resíduos de uva	3g/100g	fenólicos, catequinas	M. Alarcón et al., 2021	Os resíduos de vinícola reduziram valores de TBARS consideravelmente, preservando a carne
hambúrguer	própolis	0,3 g/kg de extrato microencapsulado de própolis	fenólicos: ácidos cinâmico, benzóico e cafeico	A.S. Reis et al., 2016	Extrato de própolis foi mais eficaz no combate a oxidação do que o eritorbato de sódio
mortadela de frango	beterraba	4% e 6%	betalaínas na forma de betacianinas	Meireles, B. R. L. A., et al., 2020	O extrato natural foi mais eficaz do que o BHT para prevenir a oxidação lipídica
hambúrguer suíno	flor azul	entre 0,02 e 0,16%	fenólicos	Pasukamonset, P. et al., 2016	Maiores concentrações estavam relacionadas às menores valores de TBARS, indicando redução da oxidação
salame	figo	2,5%	betalaínas e fenólicos	Kharrat, N. et al. 2018	Os compostos fenólicos foram responsáveis pela ação antioxidante, e não alteraram as características sensoriais
peixe	beterraba	4, 8, 12, 16 e 20%	antocianinas, flavonóides	Maqbool, H. et al.,	O tratamento natural

			s	2021	reduziu a oxidação e prolongou a vida útil do pescado
almôndegas	whey, louro e sálvia	2 e 4% de cada extrato	fenólicos	Ackan, T. et al., 2016	Os extratos de louro demonstraram maior atividade antioxidante do que a sálvia
presunto	especiarias e extrato de rosa mosqueta	1g/kg do óleo essencial e 300 ml/kg de rosa	flavonóides, ácido ascórbico	Armenteros, M. et al., 2016	A mistura de óleos essenciais foi mais eficaz no combate a oxidação do que a rosa
linguiça frescal	jabuticaba	2% e 4%	flavonóides, antocianinas	Baldin, J. C. et al., 2016	Os valores de TBARS para as amostras com antioxidantes sintéticos foram superiores aos valores para extrato natural
linguiça frescal	alecrim, chá verde	1500, 2000 e 2500 mg/kg de alecrim e 100, 200 e 300 mg/kg de chá verde	diterpenos fenólicos e polifenóis	M.W. Schilling et al., 2018	A proteção contra a oxidação aumentou conforme o aumento da concentração do extrato
patê de fígado suíno	chá verde, castanha e uva	1000 mg/kg de cada um dos extratos	polifenóis, resveratrol	M. Pateiro et al., 2013	Chá e uva produziram menores valores de TBARS, apresentando atividade antioxidante superior ao

					BHT
linguiça cozida	noz moscada	10 e 20 mg/kg	geraniol, eugenol, miristicina, safrol	Sojic, B. et al., 2015	20 mg/kg de extrato produziu maiores efeitos antioxidantes na carne, aumentando a vida útil
salsichas de frango	bérberis	0,75%, 1,5% e 3,0%	fenólicos, quercetina	Jaberi, R. et al., 2020	Maior concentração do extrato produziu maior efeito antioxidante e melhores aspectos sensoriais
nuggets de carne de cabra	óleo de cravo	0,1%	eugenol, ácido gálico, ácido elágico	Bhat, A. A., et al., 2016	O tratamento natural produziu menores valores de TBARS, atingindo eficiência na proteção contra oxidação
nugget de carne de jacaré	acerola, alecrim, alcaçuz	500 mg/kg de cada composto	ácidos fenólicos, flavonoides e isoflavonas	G.B. de Paiva et al., 2020	O extrato de alcaçuz se destacou por produzir maior atividade antioxidante e estabilidade dos nuggets
frango cozido	folhas de sobreiro (cortiça)	2,0%	catequina, rutina, quercetina	Lavado, G. et al., 2020	Amostras tratadas reduziram o valor de TBARS e produziram capacidade antioxidante semelhante

					ao BHT
hambúrguer suíno	pitanga	250, 500 e 1000 mg/kg	ácido hidroxicinâmico, antocianinas	J.M. Lorenzo et al., 2018	O extrato de pitanga foi capaz de substituir o composto sintético para prolongar a vida útil da carne. A concentração mais vantajosa foi a de 250 mg/kg
hambúrguer de peito de frango	casca e polpa de ameixa	2,0%	tocoferol, antocianina, carotenoides, flavonoides	M.F. Basanta et al., 2018	As micropartículas preservaram a carne e protegeram da deterioração lipídica
hambúrguer suíno	mirtilo andino	entre 250 e 750 mg/kg	quercetina, kaempferol, ácidos fenólicos	M.V. Ramella et al., 2021	Maiores concentrações contribuíram com maior atividade antioxidante
carne suína	folhas de oliveira	100, 200 e 300 mg/kg	luteolina, rutina, catequina, ácido cafeico	Botsoglou, E. et al., 2013	A maior concentração do extrato impediu de maneira mais eficiente a oxidação lipídica
almôndegas bovinas	casca de romã	0,5% e 1,0%	taninos, antocianinas e flavonoides	Turgut, S. S. et al., 2017	O aumento da concentração do extrato produziu menores valores de malonaldeído

hambúrguer suíno	madeira de carvalho	0,05%, 0,5% e 1,0%	fenólicos: ácido gálico e elágico	A. Soriano et al., 2018	Os extratos naturais apresentaram atividade antioxidante superior ao ascorbato de sódio
almôndegas	nozes e frutas cítricas	0,5% e 1,0%	ácido ascórbico, flavonóides, eugenol e miristicina	J. Nishad et al., 2018	O extrato sinérgico mais concentrado apresentou maior atividade antioxidante do que os compostos separados
carne bovina	polpa cítrica e bagaço de uva	150 g/kg	proantocianidinas (sinergismo)	T. Tayengwa et al., 2019	A atividade antioxidante do bagaço de uva foi superior à encontrada na polpa cítrica contendo ácido ascórbico
hambúrguer suíno	açaí em pó	250, 500 e 750 mg/kg	orientina, luteolina e quercetina	Bellucci, E. R. B., et al., 2021	As concentrações reduziram a oxidação lipídica, principalmente a mais alta (750 mg/kg)
carne moída	pó de folhas de acácia branca	0,2, 0,4, 0,6 e 0,8%	carotenóides, tocoferóis	Mashau, M. E. et al., 2021	Os valores de TBARS reduziram conforme o aumento da concentração do extrato natural
mortadela	microcristais de	0,002 g/kg	curcuminoídes	M. M.	A curcumina preveniu a

	curcumina			Júnior et al., 2019	oxidação de maneira mais eficiente do que o composto sintético
hambúrguer de carne de coelho	cúrcuma e ácido ascórbico	3,5 g cúrcuma /100g e 0,1 g ácido/100g	curcumina	Mancini, S. et al., 2015	A cúrcuma e o ácido ascórbico desempenham funções semelhantes no combate à oxidação
carne de cabra	folhas de acácia branca, sementes de girassol e feno	200 g, 170 g, 200 g	tocoferol, taninos e vitamina C	K. Qwele et al., 2013	A acácia branca apresentou maior capacidade antioxidante do que os outros dois extratos
carne moída	erva de santa maria	0,1 g/kg	ácidos ascórbico, málico, tartárico e cítrico	Delgado, L.H.V. et al., 2020	O extrato foi capaz de aumentar a estabilidade lipídica da carne durante o tratamento
carne ovina	vinho tinto e vitamina E	900 mg/kg e 300 mg/kg (E)	tocoferol, fenólicos	Muíño, I. et al., 2014	A vitamina E desempenhou maior papel antioxidante entre as amostras
hambúrguer	molho de soja	0,5% a 2,5%	isoflavonas e flavonoides	H.-W. Kim et al., 2013	As amostras com soja demonstraram maior inibição da oxidação no produto

carne bovina	kiwi	1,0 mg/ml	polifenóis, catequina e quercitrina	Y. Jiao et al, 2019	O sorbato de potássio não foi tão eficaz quando os extratos naturais na inibição da oxidação
hambúrguer	água de arroz negro	0,4, 0,8 e 1,2%	fenólicos e antocianinas	R. Prommac hart et al., 2020	Extratos a 0,8 e 1,2% produziram maior atividade antioxidante
carne bovina	resíduo de antocianina	20, 40 e 60 g/kg	antocianina	R. Prommac hart et al., 2021	A maior concentração de antocianinas apresentou menor oxidação lipídica
costela de cordeiro	chá verde	0,005, 0,05, 0,5 e 5%	catequinas e flavonóides	M. Bellés et al., 2017	O extrato mais concentrado produziu maior atividade antioxidante na carne
hambúrguer suíno	frutas vermelhas	60 g/kg	polifenóis	R. Ganhão et al., 2013	Os extratos diminuíram a oxidação lipídica e preservaram as características sensoriais
carne bovina	casca de maçã	1,5 g/100g	polifenóis: ácido tartárico	S.H. Shin et al., 2017	O extrato de maçã foi responsável pelos menores valores de TBARS
hambúrguer	alcachofra	500 e 1000	ácido	Ergezer H.	A atividade

er		mg/kg	clorogênico e luteolina	et al., 2018	antioxidante acompanhado o aumento da concentração do extrato
hambúrguer suíno	groselha negra	5, 10 e 20 g/kg	antocianinas	N. Jia et al., 2012	Extrato a 20 g/kg desempenhou a maior atividade antioxidante, por isso é capaz de substituir o BHA
hambúrguer bovino	casca de pistache	250, 500, 750 e 1000 mg/kg	fenólicos	N. Sadeghinejad et al., 2019	Concentrações superiores a 500 mg/kg demonstraram alta capacidade antioxidante
hambúrguer bovino	frutas vermelhas	60 g/kg	catequina, ácido gálico, rutina	A.S. Babaoglu et al., 2022	A amora se destacou pela maior atividade antioxidante e maior teor de compostos fenólicos
carne suína	algas, açúcares e vitamina E	5,3 g/kg, 2,5 g/kg e 200 mg/kg (E)	carotenóides e polifenóis, tocoferol	Rajauria et al., 2016	Algas marinhas e vitamina E desempenham maior atividade antioxidante na carne
cordeiro	bagaço de uvas	500 mg/kg (E) e 50 mg/kg (uva)	fenólicos, tocoferol	C. Guerra-Rivas et al., 2016	A vitamina E desempenhou maior papel antioxidante do que o bagaço de uva

hambúrguer bovino	acerola	0,15%	fenólicos	C.E. Realini et al., 2014	A amostra tratada apresentou maior vida útil do que a controle
salsicha	shiitake	0,4, 0,8 e 1,2%	rutina, ácido gálico e catequina	S. Pil-Nam et al., 2015	Shiitake a 0,8% produziu efeito antioxidante superior ao nitrito de sódio
hambúrguer de carne de pato	cúrcuma	0,5%	curcumina	Augustynk a-Prejsnar et al., 2022	O açafrão em pó obteve maior atividade antioxidante na carne
carnes bovina, frango, suína	cúrcuma	0,02%	curcumina	H. Bojorges et al., 2020	O extrato de cúrcuma foi mais eficaz na carne de frango, e menos eficaz na carne suína

carne suína picada	amora	20 e 40 g/kg	polifenóis	L. Xu et al., 2018	O extrato a 20 g/kg e o BHT a 0,2 g/kg desempenham atividade antioxidante semelhante
carneiro	semente de uva	0,1%	proantocianidinas	G.V.B. Reddy et	O extrato natural desempenhou maior

				al., 2013	atividade antioxidante do que o BHA
linguiça frescal suína	folhas de goiaba	3000, 4000, 5000 e 6000 mg/kg	quercetina	T.T.T. Tran et al., 2020	Concentrações mais altas (5000 e 6000) obtiveram resultados semelhantes ao antioxidante BHT
truta arco íris	chalota e ervas aromáticas	1,5% e 3,0%	taninos e terpenos	S. Raeisi et al., 2016	Ervas aromáticas a 3% obtiveram menores valores de TBARS
linguiça suína	tomate e hortelã	0,150 µL/g, 0,075 µL/g e 0,075 µL/g PM	carotenoides e terpenóides	B. Sojic et al., 2020	A maior atividade antioxidante foi obtida no tratamento de 50 mg de nitrito de sódio, 0,075 µL/g de TP e 0,075 µL/g PM
linguiça suína	alecrim e chá verde	1500, 2000 e 2500 mg/kg de alecrim e 100, 200 e 300 mg/kg de chá	fenólicos	M. W. Schilling et al., 2018	A maior concentração de alecrim foi responsável pela maior atividade antioxidante
peixe congelado	ácido cítrico e alcaçuz	0,5% de ácido e 1,5% de alcaçuz	polifenóis	Xujian Qiu et al., 2015	A quitosana com alcaçuz atingiu maior potencial antioxidante do que o ácido ascórbico

Fonte: A autora

3.2.1 Adição de fenólicos e betalaínas em produtos curados (Ozaki, M. M. et al., 2021)

O estudo analisou as diferenças existentes entre os tratamentos naturais e sintéticos, especificamente utilizando nitrito e nitrato como amostras de controle. Os tratamentos naturais utilizaram 0,5% e 1,0% de extrato de cada um dos vegetais (rabanete e beterraba). Os resultados de alteração na cor, na oxidação lipídica e análises de nitrito e nitrato indicaram que o tratamento com rabanete a 1% é um potencial substituto do nitrito. O extrato de rabanete apresentou teor de compostos fenólicos de 301,11 mg ácido gálico/100g de carne, enquanto a beterraba apresentou valor de fenólicos totais de 292,96 mg ácido gálico/100g. Os tratamentos com rabanete e nitrito não apresentaram grandes diferenças entre os valores de TBARS, indicando que a alternativa natural é eficiente na inibição da oxidação lipídica, por obter resultado semelhante à sintética. De acordo com os autores, a quantidade de beterraba utilizada deveria ter sido superior a 1% para detectar maior atividade antioxidante das betalaínas. Ao longo dos 60 dias de armazenamento das salsichas, as amostras apresentaram comportamento que se repetiu: antioxidantes sintéticos e rabanete a 1% exibiram valores próximos de TBARS; a amostra controle sem nenhum aditivo apresentou aumento expressivo de TBARS, indicando avanço da oxidação lipídica; amostras com rabanete a 0,5% e 1,0% não demonstraram grande diferença nos valores de TBARS; amostras com beterraba mostraram crescente valor de TBARS, demonstrando que o rabanete é mais eficaz no combate à oxidação, por isso configurou-se como a melhor opção para substituir o nitrito.

3.2.2. Diferentes concentrações de alho em hambúrgueres suínos (Ji-Han Kim et al., 2019)

O alho foi utilizado em diferentes concentrações: 1% do produto fresco (T1), e 0,5% (T2), 1%(T3) e 2%(T4) de alho em pó. As amostras com alho apresentaram menor oxidação lipídica do que a controle, e quanto maior a concentração, melhores as propriedades sensoriais observadas. Os valores de TBARS foram reduzidos conforme o aumento do nível de alho em pó. Valores de TBARS em mg MDA/kg de carne para cada uma das amostras: controle (1,92), T1 (1,49), T2 (1,20), T3 (0,86), T4 (0,52). O efeito redutor da oxidação lipídica foi observado após os dois tratamentos térmicos: cozimento e armazenamento/reaquecimento. A proteção lipídica foi observada nas carnes que

receberam extrato nas concentrações de 1,0 e 2,0 g/100g. Porém, essas altas concentrações também foram responsáveis por um efeito negativo na textura das carnes. A adição dos extratos de alho prolongou a vida útil da carne suína, e o autor afirma que ainda são precisos mais estudos para compreender a relação entre o extrato e as reações que alteram a coloração da carne.

3.2.3 Tocoferol e selênio em carne suína congelada (Horczyczak et al., 2020)

No presente estudo, os animais receberam três tratamentos distintos: uma dieta controle, uma suplementada com 3% de óleo de linhaça, ou outra dieta com 3% de óleo de linhaça mais 1 mg de selênio orgânico/kg e 100 mg de vitamina E/kg. Após o período de seis meses de armazenamento da carne congelada, a oxidação foi mais lenta nas carnes que receberam tratamento, e após 12 meses, a oxidação foi inibida pela adição dos antioxidantes contidos na suplementação. As dietas com suplementação de óleo de linhaça aumentaram o teor de ácidos graxos poli-insaturados, onde ocorreu maior alteração da cor durante o armazenamento congelado. A quantidade de compostos voláteis derivados da oxidação lipídica foi maior nas amostras de controle do que nas amostras de carne de animais que receberam tratamento, indicando maior oxidação lipídica nas amostras de controle. Os antioxidantes adicionados na dieta com óleo de linhaça desaceleraram a oxidação na carne suína.

3.2.4 Resíduos fenólicos de abacate em carne suína (S.H. Hernandez-Lopez et al., 2016)

Resíduos agrícolas utilizados na alimentação de suínos são alternativas interessantes para reduzir custos de produção e minimizar os impactos ao meio ambiente. Os animais foram alimentados com uma dieta controle e uma dieta com resíduos de abacate (óleo, extratos da casca e da semente). O abacate teve uma contribuição significativa no conteúdo e na composição da gordura da carne, reduzindo a oxidação dos lipídeos e proteínas durante o armazenamento refrigerado. As propriedades antioxidantes do abacate estão relacionadas com a presença de compostos bioativos, como tocoferóis, clorofilas e polifenóis. O valor de TBARS na amostra controle aumentou de 0,18 para 0,38 mg MDA/kg, já o valor de TBARS na carne que recebeu tratamento foi menor do que no tratamento controle, pois atingiu cerca de 0,2 mg MDA/kg de carne ao final de 12 dias. Os resultados

apontam que além de melhorar a estabilidade lipídica, o extrato de resíduo de abacate foi capaz de melhorar a qualidade sensorial da carne e prolongar sua vida útil.

3.2.5. Extrato etanólico de semente de manga em cortes de frango (FARIAS, N. N. P. et al., 2019)

Diferentes níveis de extrato etanólico de semente de manga foram adicionados em rações de frango de corte, para avaliar a qualidade da carne. As rações foram separadas em: controle (sem extratos); 200 mg/kg de BHT, e rações com 200, 400, 600, 800 ou 1000 mg/kg do extrato de manga. A carne com concentrações superiores a 600 mg/kg apresentou maior atividade antioxidante se comparada com a amostra controle. A amostra sem nenhum antioxidante demonstrou valor de TBARS de 0,23 mg MDA/kg de carne. As concentrações variadas não resultaram em grandes diferenças nos valores de TBARS na carne, onde o menor valor foi observado para a concentração de 200 e 1000 mg/kg de extrato (0,18 mg MDA/kg). Dessa maneira, a adição do extrato a 600 mg/kg é suficiente para aumentar a capacidade antioxidante dos cortes de frango, o que representa uma vantagem econômica e também aumento da qualidade da carne. Os estudos indicam que a carne com extrato de semente de manga proporciona características bem aceitas pelos consumidores, pois mantém suas características físicas.

3.2.6 Efeitos de subprodutos vinícolas na estabilidade lipídica de carne suína cozida (M. Alarcón et al., 2021)

As amostras de carne suína foram analisadas e tratadas com extratos de resíduos vinícolas (caules e brotos). Na concentração de 3g/100g de carne, os compostos preservaram a cor e reduziram a oxidação lipídica dos cortes durante o armazenamento, demonstrando maior eficiência do que o antioxidante sintético ascorbato de sódio, que também foi utilizado. Os extratos naturais aumentaram o teor de compostos fenólicos como a catequina na carne suína, e reduziram o teor de orgânicos voláteis derivados da oxidação lipídica. Algumas características sensoriais foram detectadas nas amostras, como aromas "herbáceos", por exemplo. Valores de TBARS em mg MDA/kg para as amostras ao final de 20 dias: controle (1,95), 400 mg/kg de ascorbato de sódio (3,26), troncos de videira a 3g/100g (0,24), brotos de videira 3g/100g (0,22). A atividade de eliminação de radicais livres foi estabilizada ao longo dos dias, indicando que o efeito antioxidante dos compostos fenólicos foi preservado. Os extratos de resíduos vinícolas inibiram a oxidação lipídica logo

após o cozimento, ao reduzir o teor de compostos voláteis, e esse efeito foi mantido durante o armazenamento. A adição dos extratos de caule e brotos de videira apresentou atividade antioxidante superior à do ascorbato de sódio.

3.2.7 Extrato encapsulado de própolis em hambúrguer congelado (A.S. Reis et al., 2016)

O trabalho teve como objetivo avaliar os efeitos da adição de própolis na oxidação lipídica em carne de hambúrguer. O composto demonstrou grande quantidade de fenólicos, como ácido cumárico e epicatequina. Mesmo após 14 dias de armazenamento da carne, o extrato foi capaz de inibir a oxidação lipídica. O valor de TBARS da carne com extrato de própolis atingiu 0,95 mg MDA/kg, e ao longo de todo o período essa carne obteve os menores valores em comparação com as outras amostras. Já o eritorbato de sódio obteve 1,20 mg MDA/kg de carne, demonstrando a superioridade do tratamento natural. Durante 28 dias, foram observados aumentos significativos de TBARS nas amostras controle e com eritorbato. O valor máximo de TBARS para a carne com própolis foi atingido no dia 14 (1,08 mg MDA/kg). Para a amostra de controle, o valor máximo foi atingido após 7 dias (1,21 mg MDA/kg). O uso de antioxidantes naturais está de acordo com a busca dos consumidores por alimentos mais naturais, sem conservantes químicos. O estudo confirma o potencial do extrato de própolis contra oxidação lipídica, comprovando ser tão eficaz quanto o antioxidante sintético.

3.2.8 Potencial corante e antioxidante das betalaínas em mortadelas de frango (Meireles, B. R. L. A. et al., 2020)

Com a finalidade de analisar a capacidade antioxidante das betalaínas, foram formuladas duas concentrações com extrato de beterraba (4% e 6%) e duas amostras controle, com adição dos antioxidantes sintéticos BHT e corante vermelho carmim, para verificar possíveis diferenças entre os tratamentos. Ao final dos 45 dias, houve redução da cor vermelha na amostra com 6% de extrato, indicando degradação das betacianinas pela ação antioxidante, e redução da cor amarela em amostras a 4% e 6%, indicando degradação das betaxantinas. As betacianinas são responsáveis pela cor vermelha e as betaxantinas são responsáveis pela cor amarela. Os tratamentos naturais apresentaram os menores valores de oxidação lipídica na carne. Betalaínas na forma de betacianinas são importantes em produtos cárneos, pois atuam na iniciação e propagação da oxidação, neutralizando os radicais livres e inibindo a oxidação lipídica. Os maiores números de

TBARS foram encontrados na amostra controle, atingindo 3,99 mg MDA/kg. Os valores para a amostra contendo BHT também aumentaram significativamente para 2,61 mg MDA/kg após 45 dias. Amostras com 4% e 6% de extrato apresentaram valores de 1,72 mg MDA/kg de carne e 1,77 mg MDA/kg, respectivamente. Os números são resultantes da presença de betalaínas da beterraba, que podem se ligar aos radicais livres e retardar a iniciação da oxidação lipídica. O estudo mostrou que além do potencial corante, as betalaínas possuem elevado potencial antioxidante em derivados cárneos.

3.2.9. Estabilidade oxidativa de hambúrgueres suínos incorporados com pétala de flor azul (P. Pasukamonset et al., 2016)

As carnes suínas foram feitas com extratos de *Clitoria ternatea*, cozidas e armazenadas a 4°C por 12 dias. As amostras tratadas demonstraram alta atividade de eliminação de radicais livres e também redução nos valores de TBARS. Concentrações utilizadas de extrato: 0,02; 0,04; 0,08; 0,16. Quanto maior a concentração, menores os valores de TBARS observados ao longo dos 12 dias, ou seja, maior a atividade antioxidante. Resultados mostram que o extrato de flor azul possui potencial como antioxidante natural, ao reduzir a oxidação durante e após o cozimento da carne. A adição do extrato a 0,16% foi tão eficaz quanto a adição de 0,02% de BHT para proteger os produtos após 12 dias. Esta constatação demonstra que o extrato natural pode substituir o antioxidante sintético. A atividade antioxidante da flor foi observada devido a presença de fenólicos em sua composição. Os autores concluem que o extrato é eficaz na antioxidação e no prolongamento da vida útil dos hambúrgueres.

3.2.10 Efeitos das betalaínas presentes em figo da Índia em salame (Kharrat, N. et al., 2018)

O extrato natural de figo da Índia (*Opuntia stricta*) é rico em polissacarídeos bioativos constituídos por galactose, ramnose e ácido galacturônico. Kharrat, N. et al. (2018) buscaram substituir os aditivos sintéticos pelo composto extraído da fruta que contém altos níveis de polifenóis e flavonóides. Estes compostos fenólicos e a betalaína foram responsáveis pela ação corante, antioxidante e antibacteriana do extrato, sem alterar as características sensoriais do salame. Um dos compostos utilizados na conservação de embutidos cárneos como o salame é o nitrito de sódio, que ao reagir com as aminas presentes no organismo humano forma uma molécula carcinogênica, a nitrosamina. Dessa forma, os autores desenvolveram uma formulação de salames que utilizava o extrato de figo

da Índia, que melhorou a capacidade de ligação às moléculas de água no produto, não alterou a textura do salame e foi capaz de prolongar a vida útil do produto durante seu armazenamento refrigerado. O extrato pode ser considerado um composto funcional benéfico à saúde quando adicionado em derivados de carne.

3.2.11 Casca de beterraba na preservação de filés de peixe congelado (Maqbool, H. et al., 2021)

O extrato da casca de beterraba foi aplicado em filés de peixe da raça Tor khudree para analisar os efeitos durante o armazenamento durante 180 dias, à temperatura de -18°C. Foi observado um efeito antioxidante e antimicrobiano do extrato, que limitou a oxidação lipídica em filés de peixe. Os filés que não receberam tratamento apresentaram vida útil de cinco meses, enquanto que os peixes com tratamento foram considerados próprios para o consumo por mais de seis meses. As propriedades antioxidantes da beterraba existem devido à alta concentração de flavonoides e compostos fenólicos, que neutralizam radicais livres e evitam o início das reações de oxidação lipídica. O valor de TBARS na amostra controle também aumentou, devido à decomposição do hidróxido em produtos de oxidação secundária, como os aldeídos. Os menores valores de TBARS em filés que receberam o extrato podem ter ocorrido devido aos mecanismos de prevenção da reação em cadeia. De acordo com os resultados do estudo, os filés com extrato de casca de beterraba apresentaram os menores valores de TBARS ao final do armazenamento, enquanto que a amostra controle obteve valores que ultrapassaram o limite da aceitabilidade. Os estudos comprovam a eficácia da casca de beterraba como conservante e antioxidante para peixe. O extrato foi capaz de prolongar a vida útil dos bifes de Mahseer sob congelamento armazenado, inibindo as reações químicas relacionadas à diminuição da qualidade. Além da contribuição, o extrato também apresentou a vantagem de ter baixo custo.

3.2.12. Incorporação de folhas de louro e sálvia em filmes comestíveis produzidos em almôndegas (Ackan, T. et al., 2016)

O objetivo principal do estudo foi verificar a eficácia de filmes comestíveis à base de proteína isolada do soro de leite (WPFs) incorporados com extratos antioxidantes naturais de folhas de louro (*Lauro nobilis L.*) ou sálvia (*Salvia officinalis*) na proteção contra a oxidação lipídica de almôndegas cozidas durante o armazenamento congelado a -18°C

durante 60 dias. As amostras que receberam o tratamento apresentaram menores valores de TBARS (substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico) do que aquelas do grupo controle e das amostras que receberam apenas os filmes comestíveis à base de whey protein. O menor índice de TBARS indica menor formação de compostos relacionados à oxidação lipídica (Ackan, T. et al., 2016). A atividade antioxidante das amostras feitas com louro foi superior à do extrato feito com sálvia. O teor de compostos fenólicos totais foi superior nas almôndegas que receberam os extratos em comparação ao grupo controle (sem tratamento), o que sugere a contribuição das especiarias na estabilidade oxidativa das almôndegas congeladas. O estudo apresenta a viabilidade da aplicação de uma embalagem bioativa com sálvia ou louro para retardar as alterações oxidativas em alimentos cárneos cozidos. A adição do filme incorporado com os condimentos foi capaz de reduzir a oxidação lipídica na superfície das almôndegas, aumentando a vida útil dos produtos. Os autores apontam que ainda são necessárias pesquisas para melhorar as propriedades sensoriais das almôndegas tratadas com filmes comestíveis, além de sugerir que ainda pode ser investigada a utilização de diferentes doses para otimizar o efeito antioxidante, e a ação do louro e da sálvia em outros produtos cárneos.

3.2.13. Adição de óleos essenciais em produtos embutidos (Armenteros, M. et al., 2016)

Devido à preocupação cada vez maior dos consumidores em relação ao uso de aditivos sintéticos, a indústria de processamento de carnes está voltando seu interesse para fontes de antioxidantes naturais. Foram utilizadas duas fontes naturais de antioxidantes para verificar suas capacidades de reduzir a oxidação de lipídios e de proteínas em presuntos cozidos: uma mistura de alho, óleos essenciais de canela, cravo e alecrim; e um Extrato de *Rosa canina L.* A mistura de óleos essenciais foi a mais eficaz contra a oxidação lipídica, que ao final do processo apresentou baixas taxas. Em todas as amostras o valor de TBARS permaneceu baixo (0,2 mg MDA/kg de amostra), não atingindo valores que permitissem a percepção de sabor rançoso. Por outro lado, os extratos da flor foram mais atuantes no controle da carbonilação de proteínas ao final do período de 150 dias. As rosas já haviam demonstrado resultados positivos contra a carbonilação de proteínas em hambúrgueres e salsichas suínas, por possuírem ácido ascórbico e outros compostos fenólicos. O uso dos antioxidantes através da injeção de óleos essenciais em embutidos é uma alternativa vantajosa para aumentar sua estabilidade oxidativa sem alterar suas propriedades físico-químicas. De acordo com o autor, os fitoquímicos encontrados nas especiarias são capazes de eliminar os radicais livres e formar quelatos com os íons metálicos, inativando-os. Essas

propriedades explicam o efeito estabilizador sobre os lipídios, componentes do presunto. Estudos anteriores mostraram que o cravo e o alecrim têm o mesmo efeito antioxidante em produtos cárneos cozidos do que os aditivos sintéticos como o BHT. A remoção do gás oxigênio nas embalagens das amostras durante o armazenamento foi um fator contribuinte para a diminuição dos valores de TBARS nas amostras de presunto. Os antioxidantes naturais utilizados podem ser uma maneira de inibir as consequências negativas da oxidação proteica em presuntos cozidos. Os autores destacam que não ocorreram diferenças significativas no parâmetro de textura da carne ao final do processo.

3.2.14. Contribuição do extrato de jabuticaba na preservação da qualidade de linguiças (Baldin, J. C. et al., 2016)

O objetivo foi observar a possível atividade antioxidante do extrato de jabuticaba quando aplicado à linguiça frescal. Foram feitas quatro formulações de linguiças: sem corante (controle), com carmim de cochonilha, e com adição de 2% e 4% de extrato de jabuticaba. As propriedades químicas e sensoriais das amostras foram observadas durante 15 dias, sob refrigeração. Durante o período de estudo, os valores de TBARS foram menores nas linguiças com extrato natural (abaixo de 0,1 mg de MDA/kg de amostra) do que nos tratamentos de controle e com carmim (de 0,3 a 0,6 mg de malonaldeído/kg de amostra). O extrato a 2% demonstrou aceitação sensorial semelhante à amostra controle. Esse é um ponto positivo para o extrato, pois a aceitação pelo consumidor é fundamental na decisão da compra. O único atributo sensorial que sofreu redução com a adição de 2% de extrato foi a cor, em comparação com os tratamentos controle e carmim. A atividade antioxidante da jabuticaba ocorre pela sua composição rica em antocianinas, que são pigmentos pertencentes à classe dos compostos fenólicos conhecidos como flavonóides. A oxidação lipídica sofreu diminuição considerável em amostras que receberam o tratamento com jabuticaba. Além disso, os valores de TBARS aumentaram durante o armazenamento para os tratamentos controle e carmim, sinalizando maior oxidação lipídica nessas amostras. Para as amostras que receberam extrato, não houve tanta variação do valor de TBARS. Esse resultado confirma a eficácia do extrato microencapsulado nas concentrações avaliadas para inibir a oxidação lipídica em linguiças. As antocianinas foram eficazes contra a geração de TBARS, indicando o potencial antioxidante do extrato na aplicação em linguiças. A adição de extrato a 2% pode substituir o carmim de cochonilha em linguiça frescal, satisfazendo a busca por pigmentos naturais e de baixo custo.

3.2.15. Efeito sinérgico entre alecrim e chá verde em linguiças suínas (M.W. Schilling et al., 2018)

No presente estudo, foram avaliados os efeitos da combinação entre extratos de alecrim (*Rosmarinus officinalis L.*) e de chá verde (*Camellia sinensis L.*) com antioxidantes sintéticos em linguiça fresca à base de carne suína. Alguns parâmetros foram comparados e foi observado que o alecrim e o chá verde aumentaram a estabilidade oxidativa dos produtos, ao produzir menores valores de TBARS. A aceitação dos consumidores foi maior nas linguiças com as especiarias do que as amostras de controle. A pesquisa mostra que os extratos de alecrim e de chá verde foram responsáveis por melhorar a conservação da linguiça frescal. O extrato de alecrim possui diterpenos fenólicos e outras substâncias que são capazes de terminar o ciclo da cadeia de radicais livres, o que explica sua capacidade antioxidante. Foi analisado que a proteção contra oxidação dependia da concentração do extrato de alecrim. Já a atividade antioxidante do chá verde é atribuída aos fitoconstituintes como os polifenóis. Esses compostos são capazes de capturar superóxido, hidroxila e radicais peróxil, finalizando as reações em cadeia dos radicais livres, retardando a oxidação. Os extratos vegetais reduziram consideravelmente a oxidação lipídica no produto e retardaram o crescimento bacteriano, em comparação com as amostras de controle. A combinação entre os extratos também foi capaz de melhorar a qualidade de conservação de linguiça suína frescal, melhorando seus atributos sensoriais. As plantas mencionadas possuem grande potencial antioxidante para utilização em produtos cárneos frescos e triturados.

3.2.16. Extratos de chá verde, castanha e uva em patê de fígado suíno (M. Pateiro et al., 2013).

Os efeitos de antioxidantes naturais foram avaliados em amostras de patê suíno armazenado e refrigerado. Foi analisada a estabilidade físico-química e oxidativa dos produtos, onde o efeito foi comparado com o antioxidante sintético BHT. As amostras que receberam extratos de uva e de castanha apresentaram menor diferença na coloração ao final das 24 semanas de experimento. Os menores valores de TBARS foram obtidos nas amostras com extratos de chá e de uva. Esse fato ocorreu pois foram os extratos com maiores valores de polifenóis, que são substâncias conhecidas pela alta atividade antioxidante. A atividade do extrato de uva ocorre devido ao seu conteúdo de resveratrol, que é capaz de eliminar radicais livres do meio. A concentração de polifenóis solúveis no extrato de castanha foi de 89 mg GAE/g, um pouco inferior do que o extrato de chá, que

apresentou 103 mg GAE/g, onde GAE significa equivalente de ácido gálico. As atividades antioxidantes dos extratos de uva e de chá foram praticamente o dobro da atividade do BHT e quase quatro vezes maiores do que a atividade do extrato de castanha. Os antioxidantes naturais promovem um efeito conservante no patê de fígado suíno armazenado sob refrigeração. As amostras com extrato de uva apresentaram menor diferença de cor. Os valores obtidos de TBARS demonstraram a possibilidade do uso do antioxidante natural para reduzir a deterioração oxidativa dos lipídios. O composto sintético BHT poderia ser substituído pela alternativa natural, pois demonstrou menor capacidade antioxidante do que os extratos fenólicos. Para obter produtos mais atrativos para os consumidores, precisam ser feitas pesquisas sobre a relação entre a oxidação e a qualidade sensorial dos patês. Também é importante relatar que os extratos de uva e de castanha foram obtidos a partir de subprodutos, valorizando resíduos agrícolas e contribuindo para a sustentabilidade.

3.2.17. Adição do óleo essencial de noz moscada em linguiça cozida (Sojic, B. et al., 2015)

A estabilidade oxidativa e microbiana das salsichas cozidas foi examinada após a adição de óleo essencial de noz moscada nas concentrações de 10 mg/kg e 20 mg/kg. Foram medidos parâmetros de cor, valores de TBARS e propriedades sensoriais ao longo de 60 dias de armazenamento. As linguiças que receberam o tratamento apresentaram melhor estabilidade oxidativa devido aos fitoquímicos presentes no óleo de noz moscada. Os valores de TBARS para linguiças com 10 mg/kg do óleo foram de 1,21 mg MDA/kg e 0,95 mg MDA/kg para linguiças com 20 mg/kg de óleo. O valor abaixo de 1 mg MDA/kg não causa sabor rançoso ao produto. Esses resultados foram menores do que a amostra de controle (1,53 mg MDA/kg). Após 45 e 60 dias de armazenamento, as propriedades sensoriais de aroma das linguiças foram superiores às da amostra controle. O óleo essencial de noz moscada na concentração de 20 mg/kg é eficaz para aumentar a vida útil das linguiças. O óleo agiu como antioxidante nas amostras, além de melhorar o aroma das linguiças durante o armazenamento, portanto pode ser aplicado para aumentar a vida útil dos produtos.

3.2.18. Extrato de bérberis (*Berberis vulgaris L.*) em embutidos de frango (Jaberi, R. et al., 2020)

O estudo utilizou três concentrações diferentes de extrato de *Berberis vulgaris* (BV) para verificar sua ação antioxidante: 0,75%, 1,5% e 3,0%. O grupo contendo o corante carmim e o grupo sem corante foram denominados como controle. O extrato foi capaz de reduzir os valores de TBARS, devido à capacidade antioxidante de seus compostos fenólicos. O conteúdo fenólico e a atividade de combate aos radicais livres nas amostras aumentaram conforme o aumento da concentração do extrato. O tratamento reduziu a formação do hexanal, que é derivado da oxidação lipídica. O maior valor de TBARS foi obtido no grupo de salsicha contendo carmim, com 4,69 $\mu\text{mol MDA/kg}$. A amostra contendo extrato a 0,75% apresentou valor de TBARS de 2,34 $\mu\text{mol MDA/kg}$; a amostra com concentração de 1,5% apresentou TBARS de 0,88 $\mu\text{mol MDA/kg}$ e a amostra a 3,0% obteve valor de 0,35 $\mu\text{mol MDA/kg}$. Os compostos fenólicos podem atuar como terminadores de reações com radicais livres ou quelantes de metais, inativando-os. O uso destes antioxidantes em produtos cárneos aumenta a vida útil e melhora a qualidade das salsichas, retardando a oxidação lipídica. A bérberis pode atuar eliminando os radicais livres do meio, isso foi demonstrado no estudo pois não houve diferença significativa entre os grupos controle e carmim em relação a atividade de combate aos radicais livres. O extrato de bérberis retarda a oxidação lipídica em salsichas devido à ação antioxidante, também é capaz de aumentar a intensidade da cor vermelha nas amostras e de melhorar os aspectos de aroma das salsichas.

3.2.19. Efeito do óleo de cravo em nuggets de carne de cabra (Bhat, A. A., et al., 2016)

Os nuggets de carne de cabra foram embalados em sacos de polietileno e suas propriedades foram analisadas sob refrigeração durante 21 dias. Os valores de TBARS aumentaram nas preparações durante o intervalo de tempo, porém os nuggets de carne de cabra contendo óleo de cravo a 0,1% produziram valores de TBARS consideravelmente mais baixos do que os outros tratamentos ao longo do período de estudo. Os nuggets sem o tratamento com óleo foram deteriorados no décimo quarto dia de armazenamento, enquanto que aqueles que receberam o tratamento foram tidos como próprios para o consumo após 14 dias de armazenamento refrigerado. Ao final dos 21 dias de análise, valores maiores que 1 para TBARS foram encontrados em produtos sem o tratamento à base de cravo, o que não ocorreu nos nuggets que receberam o tratamento. Valores maiores que 1 são geralmente associados ao sabor rançoso na análise sensorial. A redução da oxidação é atribuída aos compostos antioxidantes presentes no cravo, como eugenol, acetil-eugenol, isoeugenol, ácido gálico, ácido elágico, miricetina, kaempferol, entre outros. Bhat, A. A., et al., (2016) afirma que o óleo foi capaz de inibir o crescimento de produtos da oxidação

secundária das carnes. O presente estudo mostrou que o extrato de cravo pode ser utilizado em emulsões cárneas gerando benefícios na estabilização oxidativa e microbiológica do produto. Os nuggets que receberam o óleo foram melhor analisados sensorialmente e apresentaram menores valores de TBARS no décimo quarto dia de armazenamento refrigerado.

3.2.20. Pó de acerola, alecrim e extrato de alcaçuz em nuggets de carne de jacaré (G.B. de Paiva et al., 2020)

O estudo objetivou avaliar a capacidade antioxidante do pó de acerola, alecrim e extrato de alcaçuz em nuggets de carne de jacaré ao longo de 120 dias de armazenamento congelado. Foram feitas cinco formulações: controle (sem antioxidantes), uma contendo eritorbato de sódio (sintético), uma amostra contendo acerola em pó, uma com extrato de alcaçuz e outra com extrato de alecrim. Os antioxidantes naturais foram capazes de diminuir os valores de TBARS dos produtos, e os produtos foram bem aceitos na análise sensorial. O extrato de alcaçuz demonstrou potencial de melhorar a qualidade dos nuggets durante o armazenamento (G.B. de Paiva et al., 2020). Após os 120 dias, o extrato de alcaçuz apresentou menor valor de TBARS (0,450 mg de malonaldeído/kg) em comparação com a amostra controle, com 0,628 mg de malonaldeído/kg (G.B. de Paiva et al., 2020). Demonstrando sua eficácia e aumentando a estabilidade dos nuggets. O tratamento com alecrim apresentou resultados parecidos com o tratamento controle. O alcaçuz possui alto poder antioxidante devido ao seu teor de triterpeno, flavonóides, isoflavonas e ácidos fenólicos (G.B. de Paiva et al., 2020). Por essa razão, é uma alternativa de ingrediente natural em produtos de carne.

3.2.21. Extratos de folhas de sobreiro em carne cozida (Lavado, G. et al., 2020)

Foram determinados os teores de compostos antioxidantes (fenólicos, flavonóides, taninos condensados e tocoferóis) e de compostos fenólicos individuais em extratos aquosos e etanólicos de folha de sobreiro. Foi investigado o potencial desse extrato para controlar a oxidação e a descoloração em um modelo de carne cozida. Os extratos etanólicos demonstraram maior atividade antioxidante. Os extratos de folhas de sobreiro foram eficientes para prevenir a oxidação lipídica no frango durante 5 e 10 dias de armazenamento. Comparando com o grupo controle, todas as amostras que receberam o tratamento reduziram o valor de TBARS (substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico), e a

capacidade de antioxidação foi equivalente ao do BHT (hidroxitolueno butilado). No período de armazenamento refrigerado, todos os grupos inibiram mais de 90% da oxidação, embora as amostras que receberam extrato tenham sido mais eficientes. A capacidade antioxidante do extrato está associada com o teor de polifenóis (flavonóis como catequina, quercetina, rutina e miricetina), demonstrando o potencial do composto. O aumento de TBARS foi mais expressivo em amostras que não possuíam antioxidante na formulação. Os extratos confirmaram o potencial antioxidante nas amostras de carne, pois reduziram o valor de TBARS. Devido ao potencial tóxico de antioxidantes sintéticos, esse extrato pode ser considerado um substituto de baixo custo para evitar a oxidação das carnes. Lavado, G. et al., (2020) afirma que ainda são necessárias pesquisas para avaliar a influência do extrato nas características sensoriais do produto.

3.2.22. Influência dos extratos de pitanga na oxidação lipídica de hambúrguer suíno (J.M. Lorenzo et al., 2018)

Neste estudo, foram avaliados os efeitos dos extratos de folhas de pitanga na oxidação lipídica e proteica em hambúrgueres suínos durante o armazenamento em baixas temperaturas, em uma atmosfera modificada. Foram preparadas cinco amostras de hambúrgueres: controle, uma contendo BHT, e três concentrações de extratos de folha de pitanga: 250 mg/kg, 500 mg/kg, e 1000 mg/kg. Os principais compostos fenólicos identificados no extrato foram os ácidos hidroxicinâmicos e o tirosol, capazes de produzir alto efeito antioxidante e antimicrobiano nas amostras. O autor revela ainda que derivados de ácido gálico e antocianinas também foram encontrados na pitanga. Os antioxidantes naturais diminuíram a oxidação lipídica no produto do dia sete até o final do armazenamento. O extrato de folha de pitanga pode substituir os antioxidantes sintéticos para estender a vida útil dos hambúrgueres de carne suína, pois além de preservar da oxidação, também retardou a descoloração dos produtos, o que pode influenciar na decisão da compra dos consumidores. Os extratos com diferentes concentrações de pitanga foram capazes de reduzir a oxidação proteica e também demonstraram capacidade antioxidante entre 93% e 95% maior em comparação com a amostra de controle. A concentração do extrato que se destacou em melhorar as propriedades e a qualidade dos hambúrgueres foi de 250 mg/kg.

3.2.23. Polifenóis de casca de ameixa adicionados em hambúrgueres de peito de frango (M.F. Basanta et al., 2018)

Estudos demonstraram o conteúdo de betacaroteno, luteína, alfa e gama tocoferóis, e polifenóis em micropartículas de fibra obtidas da casca e da polpa de ameixa japonesa. A atuação desses compostos foi avaliada como potencial antioxidante em hambúrguer de peito de frango cru. As micropartículas reduziram a formação de TBARS pela metade, durante 10 dias de armazenamento a 4°C. Os compostos elaborados com a casca de ameixa demonstraram maiores valores de alfa e gama tocoferol, que permaneceram elevados mesmo após o cozimento. Por outro lado, os maiores teores de pectina e menor teor de lignina das partículas feitas de polpa causaram maior hidratação e elasticidade dos hambúrgueres cozidos. Os hambúrgueres crus de peito de frango com adição das micropartículas tiveram menores valores de TBARS em relação ao hambúrguer controle, evidenciando o efeito antioxidante conservante dos compostos. O aumento da capacidade antioxidante dos hambúrgueres adicionados de micropartículas de casca está associado aos tocoferóis, betacaroteno, luteína, cianidinas (antocianinas) e flavonoides. Dessa forma, os compostos de casca e de polpa de resíduos de ameixa são eficientes para preservar os produtos de frango.

3.2.24. Efeito da adição de mirtilo andino em hambúrguer suíno (M.V. Ramella et al., 2021)

O estudo utilizou três concentrações diferentes de extrato de mirtilo na faixa de 250 a 750 mg/kg em hambúrgueres suínos para avaliar o perfil polifenólico e a capacidade antioxidante. As análises foram feitas após 10 dias de armazenamento refrigerado, detectaram que 35% das substâncias polifenólicas eram compostas por antocianinas. A incorporação dos extratos estabilizou a cor e os lipídios dos hambúrgueres, principalmente para a maior concentração aplicada. Apenas o hambúrguer com maior concentração do extrato manteve os valores de TBARS abaixo de 0,5 mg MDA/kg ao longo de 9 dias, que é o limite sensorial para sabor rançoso. Foi detectado que o extrato de mirtilo pode atuar como um potente antioxidante, uma vez que nele não foi encontrado nenhum efeito pró-oxidante na faixa estudada (250 a 750 mg/kg). Os resultados apontaram que o extrato pode ser vantajoso para aumentar a estabilidade da carne e por não causar alterações sensoriais. O uso do composto como ingrediente funcional pode ser promissor, porém ainda são necessários mais estudos para avaliar suas propriedades nutritivas, farmacêuticas e alimentícias.

3.2.25. Extratos de folha de oliveira em carne suína cozida (Botsoglou, E. et al., 2013)

Os extratos de oliveira em níveis de 200 e 300 mg de ácido gálico por kg de carne reduziram a oxidação lipídica primária (ao reduzir hidroperóxidos) e secundária (diminuição do malondialdeído), além de reduzirem a oxidação proteica. Os resultados indicam que os compostos podem ser incorporados à carne em substituição aos antioxidantes sintéticos. As concentrações de produtos da oxidação primária reduziram a partir do sexto dia de armazenamento até o nono. O grupo com maior concentração do extrato (TP300) inibiu a oxidação lipídica com maior eficiência, pois a quantidade de produtos da oxidação foi menor em comparação com o tratamento controle e TP200. As concentrações de MDA em todos os grupos com tratamento foram menores do que as do grupo controle, apontando uma atividade redutora da oxidação dos extratos de folha, dependendo da dose. Os atributos da carne também foram melhorados, indicando que os extratos de folhas podem ser úteis para a indústria de processamento de carnes.

3.2.26. Atividade antioxidante da casca de romã em almôndegas bovinas (Turgut, S. S. et al., 2017)

O efeito do extrato foi medido para reduzir a oxidação de lipídios e proteínas em almôndegas durante o armazenamento congelado. Foram formuladas duas concentrações: de 0,5% e 1,0%, e comparadas com o efeito do BHT a 0,01%. Com o aumento da concentração, foi observada a diminuição da formação de compostos resultantes da oxidação lipídica, como os peróxidos e malonaldeído. Também houve melhor aceitabilidade dessas amostras na análise sensorial. A amostra controle apresentou maior valor de TBARS (de 0,49 mg de MDA/kg), que diferentemente das amostras tratadas, aumentou com o passar do tempo. O menor valor de TBARS foi observado nas amostras com 1,0% de extrato (0,36 mg de MDA/kg), seguido por 0,38 mg de MDA/kg para amostras com BHT e 0,42 para amostras contendo 0,5% de extrato. O tratamento foi tão eficiente que os valores de TBARS das amostras controle ao final de três meses de armazenamento foi superior aos valores das amostras contendo os antioxidantes ao final de seis meses. O teor fenólico do extrato da casca de romã (subproduto do suco) foi de 165,4 mg/g ácido gálico equivalente. Esse composto fenólico é responsável pela atividade antioxidante da romã ao prevenir a formação de radicais livres. O efeito sinérgico dos fenólicos com as especiarias presentes na carne (pimenta, cominho e alho) também contribuiu para o poder de preservação do

produto. Os extratos a 0,5% e 1,0% de casca de romã foram capazes de limitar a oxidação mais do que o BHT (sintético), devido aos compostos fenólicos. Os produtos da oxidação lipídica também diminuíram, e os extratos naturais não produziram efeitos sensoriais indesejáveis nas almôndegas. A cor vermelha foi estabilizada após o tratamento, contribuindo para a aceitação dos consumidores. A pesquisa traz o extrato como uma alternativa eficaz e de baixo custo para prolongar a vida de prateleira dos congelados de carne.

3.2.27. Extratos de madeira de carvalho em hambúrgueres crus de carne suína (A. Soriano et al., 2018)

O uso de antioxidantes e de atmosfera modificada são as principais formas de reduzir a oxidação lipídica e a deterioração bacteriana da carne fresca. O presente estudo avalia os extratos aquosos de madeira como conservantes de hambúrgueres de carne suína ao longo de 12 dias. Amostras que receberam o extrato tiveram menor oxidação lipídica e maior capacidade antioxidante, além de provocarem alterações de cor e de sabor bem apreciados nos produtos. Enquanto o valor de MDA aumentou nas amostras controle, para as amostras com extrato de madeira os valores de TBARS foram muito pequenos no início do experimento, e sofreram leve aumento no final do armazenamento. As concentrações utilizadas foram de 0,05%, 0,5% e 1,0%. Esses resultados mostram o efeito antioxidante do extrato utilizado, principalmente nas concentrações de 0,5% e 1,0%. Os compostos fenólicos como ácido gálico e elágico foram responsáveis por essa atividade. Entretanto, foi observado que os principais compostos atuantes na capacidade antioxidante foram os elagitaninos, que possuem várias hidroxilas capazes de doar um átomo de hidrogênio e estabilizar o elétron desemparelhado. Como a tendência das reações de oxidação lipídica é aumentar, ocorre a diminuição da atividade de eliminação dos radicais livres. Os extratos foram obtidos de madeira de reaproveitamento, configurando uma alternativa sustentável. Em comparação com o ascorbato de sódio (sintético), os extratos de madeira apresentaram maior capacidade antioxidante. Dessa forma, podem substituir o composto sintético, devido às suas vantagens sensoriais e na preservação do produto cárneo.

3.2.28. Combinação entre os extratos de noz moscada e de frutas cítricas em almôndegas (J. Nishad et al., 2018)

Os extratos de noz-moscada e de casca de frutas cítricas são compostos com alta atividade antioxidante. Esse efeito também é observado quando os dois são utilizados em conjunto no tratamento de almôndegas sob congelamento. Foram utilizadas duas

concentrações de extrato sinérgico: 0,5% e 1,0%, onde o extrato mais concentrado apresentou maior atividade antioxidante em comparação com os outros. Para análise de oxidação proteica, as duas concentrações demonstraram maior capacidade inibitória em comparação com os extratos individuais de cada composto. A análise sensorial corroborou com a eficácia do extrato sinérgico em aumentar a vida útil da carne. Individualmente, o extrato de noz moscada foi mais eficiente em diminuir a oxidação lipídica do que o de casca de frutas, mas o efeito máximo foi obtido com o sinergismo entre os dois a 1,0%. O valor de MDA na amostra controle aumentou de 0,22 mg MDA/kg para 1,64 mg de MDA/kg, enquanto que nas amostras tratadas o valor ficou entre 0,59 a 0,81 mg de MDA/kg. O efeito da oxidação ocorre pela presença de gás oxigênio na amostra ou pela presença de substâncias pró-oxidantes. O efeito antioxidante ocorre pelos compostos fitoquímicos existentes nos extratos: o de casca de frutas cítricas é rico em ácido ascórbico, flavonóides, hesperidina e eriocitrina, enquanto que o extrato de noz-moscada possui eugenol, isoeugenol, benzil e miristicina. Esses compostos preservam os produtos e abstraem o hidrogênio dos radicais livres. Os índices de malonaldeído e de peróxidos diminuíram ao longo dos seis meses de pesquisa, mas a qualidade sensorial das almôndegas não apresentou redução. Os resíduos industriais de frutas e especiarias podem ser usados com sucesso para estender a vida útil dos produtos cárneos congelados.

3.2.29. Efeitos da polpa cítrica e do bagaço de uva na conservação da carne bovina (T. Tayengwa et al., 2019)

Bois da raça Angus foram alimentados com polpa cítrica seca ou com bagaço de uva por 90 dias e a vida útil da carne foi mensurada após o abate dos animais. Os valores referentes a oxidação da carne foram avaliadas 1,3,5,7,e 9 após o abate. A atividade antioxidante da carne foi maior no bagaço de uva, devido ao conteúdo de proantocianidinas (uma classe de polifenóis). Em seguida na polpa cítrica e por último na amostra de controle. A atividade antioxidante da proantocianidina foi relatada como sendo vinte vezes maior que a do ácido ascórbico e 50 vezes maior que a do alfa tocoferol. Os teores de TBARS mais baixos foram encontrados na carne com bagaço de uva, e os maiores valores na amostra de controle (sem conservante). A maior concentração de alfa tocoferol (vitamina E, um antioxidante) foi encontrada nos músculos bovinos que foram alimentados com polpa cítrica, o que explica sua maior atividade antioxidante em relação às carnes de controle. O teor de vitamina E sofreu redução ao longo dos dias, uma vez que a atividade antioxidante diminui com o passar do tempo através da degradação dos polifenóis e do alfa tocoferol. O ácido ascórbico regenera o alfa tocoferol após o alfa tocoferol doar um elétron para um lipídio

oxidante, efeito conhecido como sinergismo. Após 9 dias de armazenamento, a carne dos animais alimentados com a dieta controle apresentou valores de TBARS maiores do que 2 mg de MDA/kg de carne, o que significa detecção de sabor rançoso na análise sensorial. A alimentação com bagaço de uva foi capaz de aumentar a vida útil da carne bovina, reduzindo a oxidação lipídica e proteica. Entretanto, os resultados mostram que o bagaço de uva pode ser um conservante mais eficaz do que a polpa cítrica.

3.2.30. Contribuição do extrato de açaí em carne de hambúrgueres suínos (Bellucci, E. R. B., et al., 2021)

O objetivo do estudo foi analisar o efeito do pó de açaí, que é rico em compostos fenólicos, na qualidade de hambúrgueres suínos. Foram preparadas cinco amostras: controle, uma contendo eritorbato de sódio, extrato de açaí a 250, 500 e 750 mg/kg. Os valores de MDA em mg MDA/kg para cada uma dessas concentrações foi de: 0,379, 0,293 e 0,217 respectivamente (Bellucci, E. R. B., et al., 2021). Para a amostra de controle o valor observado foi de 0,889 mg MDA/kg após 10 dias de armazenamento. Essas concentrações reduziram a oxidação lipídica e aumentaram a atividade antioxidante dos compostos. O tratamento com a concentração mais baixa foi o único que não afetou a coloração dos hambúrgueres, caracterizando-se como a melhor opção para ser utilizado, dessa forma substitui o aditivo sintético para conservar os produtos cárneos (Bellucci, E. R. B., et al., 2021). Outro fator que corrobora essa ideia é que o hambúrguer com a menor concentração de açaí (250 mg/kg) obteve valores de TBARS semelhantes aos do tratamento com eritorbato, afirmando o potencial antioxidante destes extratos contra a oxidação lipídica. Compostos do açaí relacionados com essa atividade são os flavonoides como orientina, luteolina, quercetina e crisoeriol. Eles são capazes de eliminar os radicais livres ou de inibir as enzimas oxidativas que geram esses radicais (Bellucci, E. R. B., et al., 2021). O tratamento com açaí demonstrou efeito protetor da oxidação semelhante aos das amostras elaboradas com eritorbato.

3.2.31. Pó de folhas de acácia branca e sua atividade antioxidante em carne moída (Mashau, M. E. et al., 2021).

Os autores examinaram a utilização do pó de folhas de acácia branca (*Moringa oleifera*) para inibir a oxidação proteica e lipídica em carne moída. As concentrações utilizadas do pó foram de 0,2, 0,4, 0,6 e 0,8%. Os compostos fenólicos apresentaram aumento, em contrapartida o valor de TBARS diminuiu significativamente conforme o

aumento da concentração. Os níveis de 0,2 e 0,4 não afetaram as características sensoriais da carne. O tratamento com as folhas diminuiu o valor de TBARS da carne do início até o dia 15, o que ocorreu pela presença de polifenóis no composto, que neutralizam os radicais livres. As amostras tratadas demonstraram atraso na oxidação lipídica ao final do armazenamento em comparação com a amostra controle. O composto natural demonstrou eficácia para melhorar o valor nutricional e inibir a oxidação lipídica da carne. Além disso, a incorporação do composto à base de plantas melhorou a estabilidade da carne e também suas propriedades de cozimento. A concentração de até 0,4% do extrato pode ser usada em carne moída sem alterar seus atributos sensoriais.

3.2.32. Utilização de microcristais de curcumina em mortadela (M. M. Júnior et al., 2019)

O estudo objetivou comparar a mortadela feita com antioxidante sintético e a elaborada com microcristais de curcumina levando em consideração as características físico-químicas e sensoriais. As mortadelas contendo microcristais apresentaram valores de TBARS significativamente menores no final do período de armazenamento, representando uma boa alternativa para substituir os antioxidantes sintéticos em carnes cozidas. As mortadelas contendo curcumina apresentaram aumento no valor de TBARS até o dia 15 do experimento, entre os dias 30 e 45 esse valor foi estabilizado em cerca de 0,80 mg MDA/kg. Entre os dias 60 e 90 os valores de TBARS para as mortadelas com microcristais foram os menores em comparação com a amostra controle e com a amostra utilizando antioxidante sintético. Ao final dos 90 dias de estudo, os valores de TBARS para a mortadela com curcumina eram de 1,11 mg MDA/kg, os valores para mortadela com composto sintético eram de 2,44 mg MDA/kg, e os valores para mortadela sem antioxidante eram de 3,10 mg MDA/kg. Os parâmetros de textura e pH demonstraram pouca diferença entre os tratamentos realizados durante os 90 dias. Os microcristais atribuíram uma coloração mais amarelada à carne, reduzindo a aceitação dos provadores na análise sensorial. Entretanto, os outros parâmetros sensoriais não foram afetados. Os microcristais preveniram a oxidação lipídica no produto de maneira mais eficiente do que o aditivo sintético, mostrando a viabilidade da substituição do sintético pelo tratamento natural.

3.2.33. Efeito do pó de cúrcuma e vitamina C em hambúrgueres de carne de coelho (Mancini, S. et al., 2015)

O estudo teve como objetivo avaliar o efeito da cúrcuma e do ácido ascórbico nas propriedades dos hambúrgueres. Três formulações foram feitas: sem aditivos (controle), amostras com 3,5 g de cúrcuma em pó/100g de carne, e amostras com 0,1g de ácido ascórbico/100 g de carne. A cúrcuma modificou a cor da carne e produziu uma capacidade antioxidante semelhante à do ácido. O pó dessa especiaria, conhecido como açafrão, pode ser aplicado como um antioxidante natural capaz de prolongar a vida útil de hambúrgueres de coelho. Essa informação é importante, pois essa carne possui alto teor de gordura poliinsaturada, que é suscetível a oxidação. A curcumina também possui propriedades funcionais como antiinflamatórias e anti infecciosas, agregando valor aos produtos cárneos.

3.2.34. Carne de cabra suplementada com folhas de acácia branca e semente de girassol (K. Qwele et al., 2013)

A carne de cabra que recebeu tratamento com folhas de acácia branca apresentou maiores teores fenólicos totais em comparação com os outros dois extratos e também apresentou maior atividade antioxidante do que as amostras que receberam feno ou semente de girassol. O potencial antioxidante da acácia branca pode melhorar a qualidade da carne de cabra, aumentando a sua estabilidade lipídica e atributos sensoriais. Esse potencial é atribuído ao conteúdo de taninos e de vitamina E da planta, enquanto que as sementes de girassol também possuem vitaminas E e B, porém pouco conteúdo de vitamina C, que elimina os radicais livres. Os polifenóis são os principais constituintes dos vegetais capazes de atenuar o dano oxidativo de um tecido, através da inibição da peroxidação lipídica, protegendo a carne da oxidação. Entre os três extratos naturais utilizados, aquele que foi feito a base de acácia branca apresentou o potencial antioxidante mais significativo. Portanto pode ser uma fonte vantajosa para proteger os animais dos malefícios gerados pelo estresse oxidativo e melhorar a qualidade da carne para os consumidores.

3.2.35. Erva de santa maria (*Chenopodium ambrosioides L.*) utilizada em Carne moída crua, cozida e congelada (Delgado, L.H.V. et al., 2020)

O estudo objetivou averiguar o potencial dos extratos aquoso e etanólico da erva como inibidores da oxidação lipídica em carne moída crua e cozida armazenada a 4°C durante nove dias, e também em hambúrgueres congelados durante 90 dias. Na amostra de carne crua, o extrato etanólico inibiu a oxidação lipídica e gerou boa avaliação na análise sensorial. Os ácidos orgânicos encontrados no extrato etanólico são os seguintes: benzóico,

málico, cítrico, fumárico, ascórbico e tartárico. Dentre eles, os ácidos cítrico e ascórbico são conhecidos pelo potencial antioxidante através da ação quelante de íons metálicos e sequestro de átomos de oxigênio. A quercetina também é um composto antioxidante, capaz de romper a reação em cadeia da oxidação. No início do tratamento, a carne crua apresentou altos valores de TBARS, pois não foi tratada a vácuo. O extrato etanólico da erva apresentou maior atividade antioxidante e maior teor de ácido cítrico, apresentando níveis de oxidação lipídica abaixo de 0,4 mg de malonaldeído/kg de carne no final do armazenamento. Para as amostras de carne crua que estavam congeladas, o extrato aquoso aumentou a estabilidade oxidativa da carne, intensificando a cor vermelha do produto. A conclusão foi de que a erva de santa maria pode ser utilizada como antioxidante natural para prevenir a oxidação lipídica em produtos cárneos.

3.2.36. Carne ovina suplementada com vinho tinto ou vitamina E (Muíño, I. et al., 2014)

O estudo utilizou três grupos de cordeiros que receberam os seguintes tratamentos: dieta controle rica em ácidos graxos ômega-3; controle adicionado de 900 mg/kg de extrato de vinho tinto; e a dieta controle mais 300 mg/kg de vitamina E. As amostras de carne (costeletas) dos animais que receberam vitamina E demonstraram menor oxidação lipídica e carbonilação de proteínas, além de pontuação na análise sensorial. Por outro lado, o extrato de vinho tinto não aumentou a estabilidade oxidativa das costeletas, apesar de ter sido mais eficiente do que a dieta controle. A partir do sexto dia de armazenamento, a carne do grupo controle e a que recebeu extrato de vinho tinto apresentaram valores de TBARS maiores do que a aceitabilidade limite para desenvolvimento de sabor rançoso (2 mg MDA/kg de carne). Por outro lado, a carne com extrato de vitamina E não atingiu esse valor ao longo dos 12 dias de armazenamento. A adição de óleos de girassol e linhaça aumentou a suscetibilidade da carne à oxidação, de acordo com Iriã Muriño (2014). Dessa forma, a maior estabilidade oxidativa da vitamina E comparada com o extrato de vinho pode ser explicada pela estrutura desses compostos, pois a vitamina E é lipofílica e o extrato é hidrofílico. Os autores concluíram que a baixa atividade antioxidante do extrato ocorreu pela degradação de algumas catequinas no meio alcalino que compõem o rúmen dos bovinos. Ainda são necessárias pesquisas para avaliar o melhor nível de inclusão de polifenóis em dietas de animais, mas a conclusão é de que a vitamina E foi eficiente na estabilização lipídica da carne ovina.

3.2.37. Capacidade antioxidante do molho de soja em hambúrgueres crus (H.-W. Kim et al., 2013)

Os hambúrgueres crus foram formulados com quatro soluções, uma contendo cloreto de sódio (NaCl), uma com cloreto de sódio e molho de soja (NaCl/SS), uma com apenas molho de soja (SS) e outra com molho de soja e ácido ascórbico (SS/A). As preparações SS e SS/A demonstraram diminuição da concentração de ácido 2-tiobarbitúrico, além de melhorar a estabilidade da cor e retardar a oxidação lipídica, no caso da amostra SS/A. Os resultados sugerem que essa formulação tenha interferido na formação na oxidação lipídica primária. Ao final do tratamento, a formulação SS/A obteve o menor valor de TBA (cerca de 0,3 mg MDA/kg de carne), onde os compostos fenólicos do molho de soja, como as isoflavonas e flavonoides foram responsáveis por reduzir a oxidação. A melanoidina também está presente na soja, e possui atividade antioxidante por conter os grupos hidroxila e amina em sua composição. O molho de soja reduz a formação de produtos secundários como malonaldeído, ao eliminar os radicais livres na carne bovina crua, em comparação com o cloreto de sódio. O molho de soja também inibiu a formação de produtos da oxidação lipídica primária. O molho ajudou a manter a tonalidade de vermelho da carne, demonstrando eficiência na descoloração da carne. Valores de TBA em mg MDA/kg de carne ao final do armazenamento para as amostras SS, NaCl/SS e NaCl respectivamente: 0,5, 0,6 e 0,83.

3.2.38. Polifenóis de kiwi na proteção da carne bovina (Y. Jiao et al, 2019)

Os polifenóis extraídos do kiwi apresentaram alto teor fenólico (0,53 g de epicatequina equivalente/g) e alta atividade antioxidante (0,54 g de epicatequina equivalente/g), onde os principais compostos identificados na fruta foram a catequina e a quercitrina. Foram feitas quatro formulações: com polifenóis de kiwi, com epicatequinas, com sorbato de potássio e a amostra controle. O extrato foi capaz de inibir a formação de TBARS, reduzir a oxidação de ácidos graxos e a descoloração da carne bovina. Ao final dos 7 dias de tratamento, a carne que recebeu o extrato aumentou sua concentração de ácidos graxos poliinsaturados sem alterar as propriedades sensoriais. Inicialmente, o valor de TBARS para todos os tratamentos era de 0,27 mg MDA/kg de carne, com posterior aumento na amostra controle para 0,69 mg MDA/kg no sétimo dia. Nas amostras que receberam os compostos fenólicos, o valor de TBARS foi mais controlado e chegou a 0,25 mg MDA/kg para o extrato de kiwi e 0,22 mg MDA/kg no tratamento com epicatequina no dia sete. Os autores apontam que os compostos fenólicos funcionam até mesmo em baixas

concentrações e não apresentam linearidade entre a eficácia e a quantidade adicionada na carne. O sorbato de potássio (0,77 mg MDA/kg) não foi capaz de reduzir a formação de TBARS durante o período estudado. O extrato de kiwi foi bem avaliado por ter baixo custo, pelas vantagens e por ter sido capaz de substituir os antioxidantes sintéticos para preservar o frescor da carne bovina. Foi demonstrado que os polifenóis possuem alta capacidade de preservação da carne e resultam em maior vida de prateleira do produto.

3.2.39. Efeito do extrato de água de arroz preto em hambúrgueres refrigerados (R. Prommachart et al., 2020)

O arroz preto é rico em compostos fenólicos e antocianinas. Essas substâncias são capazes de bloquear a reação em cadeia dos radicais livres. O estudo utilizou concentrações de 0, 0,4, 0,8 e 1,2% de extrato de água de arroz em hambúrgueres de carne moída, e relatou que o extrato diminuiu a oxidação lipídica e aumentou a capacidade antioxidante da carne. Nos dias 3 e 6 do experimento, a amostra controle apresentou maior oxidação lipídica comparada com as outras, e com o passar do tempo a atividade antioxidante dessa amostra diminuiu (0,78 mg MDA/kg). No dia 6, 0,8% e 1,2% mostraram menor oxidação lipídica do que a concentração de 0,4%. Os valores de TBARS para as amostras ao final do dia 6 foram: controle (0,8 mg MDA/kg de carne), 0,4% (0,5 mg MDA/kg de carne), 0,8% (0,4 mg MDA/kg de carne) e 1,2% (0,3 mg MDA/kg carne). O extrato é um composto natural com capacidade de limitar a oxidação e a descoloração da carne, e esses resultados estão de acordo com estudos anteriores que sugeriram a utilização do extrato de água de arroz como potencial antioxidante e de melhora nas características de qualidade da carne.

3.2.40. Adição do extrato de antocianina em carne bovina (R. Prommachart et al., 2021)

A pesquisa objetivou avaliar os efeitos na carne de gado após adicionar antocianinas em sua dieta. Foram distribuídos aos animais quatro níveis de suplementação na ração: 0, 20, 40 e 60g/kg de matéria seca. Os bovinos foram abatidos e o perfil de oxidação da carne foi avaliado. Os resultados mostraram que a carne de bovinos alimentados com antocianina foi mais estável para parâmetros de cor e de oxidação lipídica. Os valores de TBARS nas amostras de bovinos alimentados com 20 a 60 g/kg do resíduo foram inferiores aos valores do grupo controle nos dias 3 e 7 do armazenamento. Amostras com 60 g/kg obtiveram os

menores valores de TBARS no dia 14 do tratamento. Os valores de TBARS das amostras a 20 e 40 g/kg foram bem próximos ao final de 14 dias, e menores do que a amostra controle. A oxidação proteica também foi reduzida com a adição das antocianinas. Isso é um indicativo da preservação da qualidade da carne, uma vez que a oxidação proteica reduz a capacidade de retenção de água da carne e altera sua textura e aroma. Ocorreu aumento da concentração de ácidos graxos poliinsaturados, tornando a carne mais saudável para os consumidores. Os valores indicam que o resíduo extraído de antocianinas pode ser utilizado como antioxidante natural na carne, aumentando sua vida de prateleira. A carne de bovinos alimentados com antocianinas apresentou melhor estabilidade lipídica e proteica do que a carne de bovinos sem o resíduo das antocianinas.

3.2.41. Efeito das catequinas do chá verde em costeletas de cordeiro (M. Bellés et al., 2017)

Foram utilizadas diferentes concentrações de extratos aquosos feitos com folhas de chá verde e com a borra, para avaliar o potencial antioxidante desses compostos. Os extratos demonstraram ação dependente da concentração adicionada, onde o extrato a 5% de chá verde apresentou a maior quantidade de polifenóis (19,97 mg de ácido gálico/ml). Os principais fenólicos do chá verde são as catequinas (responsáveis por eliminar os radicais livres) e flavonóides. O principal ácido fenólico detectado na borra foi o ácido rosmarínico. Os grupos que apresentaram menores valores de TBARS foram aqueles com maiores concentrações no extrato e a maior concentração de borra. As concentrações abaixo de 0,5% no extrato como 0,005%, não diferiram das amostras controle em relação ao número de TBARS em nenhum dia do armazenamento, portanto apenas os extratos a 0,5% (0,9 mg MDA/kg), 5% (0,3 mg MDA/kg) e 10% (0,3 mg MDA/kg), demonstraram efeito antioxidante significativo. A qualidade da carne bovina aumentou com a adição dos extratos, que não geraram odores e sabores estranhos na carne, o que significa mais uma vantagem. A vida útil da carne aumentou de oito para onze dias.

3.2.42. Utilização de frutas vermelhas na estabilização lipídica de hambúrgueres suínos (R. Ganhão et al., 2013)

Os extratos de medronheiro (*Arbutus unedo L.*), pilriteiro (*Crataegus monogyna L.*), *Rosa canina L.*, e *Rubus Ulmifolius Schott.*, foram avaliados individualmente para inibir a oxidação lipídica em carne suína crua, cozida e refrigerada, durante 12 dias. O teor de

ácidos graxos poliinsaturados sofreu redução durante o cozimento, onde essa redução foi mais expressiva nas amostras controle (sem extratos). A amostra controle também apresentou maiores valores de TBARS, principalmente após o cozimento e armazenamento refrigerado (1,071 mg MDA/kg). O cozimento dos hambúrgueres promoveu aumento da oxidação lipídica nas amostras, e após 12 dias de armazenamento refrigerado ocorreu novo aumento da oxidação lipídica em hambúrgueres cozidos. A capacidade dos extratos de inibir a formação de TBARS ocorre pela presença de polifenóis com intensa capacidade antioxidante. Valores de TBARS em mg MDA/kg de carne após o cozimento e refrigeração estão expostos a seguir: *Rosa canina* L. (0,143), pilriteiro (0,181), *Rubus Ulmifolius* Schott (0,082), e medronheiro (0,113). O extrato de quercetina usando como comparação apresentou valor de 0,205. A adição dos extratos de frutas vermelhas protegeu os ácidos graxos da oxidação e inibiu a formação de TBARS. Utilizar esses ingredientes na formulação de hambúrgueres pode ser uma estratégia interessante para preservar suas características sensoriais. Os resultados mostram que os extratos foram eficazes no combate à oxidação da carne, além de melhorar suas propriedades nutricionais e sensoriais.

3.2.43. Revestimento de casca de maçã utilizado em carne bovina (S.H. Shin et al., 2017)

Casca de maçã em pó e carboximetilcelulose foram utilizadas para preparar uma solução de revestimento comestível em hambúrgueres bovinos, a fim de observar o potencial antioxidante e antimicrobiano. Os valores de TBARS das amostras revestidas foram inferiores aos de amostras sem tratamento, pois as maçãs são ricas em polifenóis que podem aprisionar as espécies reativas de oxigênio, como os radicais hidroxila, e assim impedem a continuação da oxidação. A presença de ácido tartárico no revestimento da carne aumentou a atividade antioxidante da solução e melhorou a absorção dos polifenóis. Valores de TBARS em mg MDA/kg de carne ao final do armazenamento: controle (12), amostras com carboximetilcelulose (8), amostras com carboximetilcelulose e extrato de maçã (1). A casca de maçã em combinação com a carboximetilcelulose e com ácido tartárico produziu uma solução de revestimento comestível ativa. Os resultados mostraram que o tratamento inibiu a oxidação e o crescimento microbiano, além de não afetar as características sensoriais dos produtos crus e cozidos. Portanto, o revestimento de maçã foi capaz de evitar a deterioração dos produtos e prolongar a vida útil dos mesmos.

3.2.44. Subprodutos de alcachofra adicionados em hambúrgueres crus refrigerados (Ergezer H. et al., 2018)

No presente estudo, foi avaliado o potencial antioxidante do extrato de alcachofra em hambúrgueres crus, nas concentrações de 500 e 1000 mg/kg. Os valores de TBARS foram menores do que nas amostras de controle ao final do armazenamento. A atividade de eliminação de radicais e o conteúdo fenólico total da alcachofra são consequentes dos derivados do ácido cafeoilquínico, como o ácido clorogênico e luteolina. Em todos os dias do experimento, os compostos fenólicos mais altos foram verificados no grupo de maior concentração. Foi encontrado o valor de 53,69 mg ácido gálico/100 g de carne. Ao final do sétimo dia de armazenamento, os valores de TBARS em mg MDA/kg para as amostras controle, 500 mg/kg e 1000 mg/kg foram de: 1,26, 0,72 e 0,58 respectivamente. Os compostos fenólicos da alcachofra reduziram a oxidação lipídica, demonstrando capacidade antioxidante que acompanhou o aumento da concentração do extrato.

3.2.45. Efeito antioxidante da groselha preta em hambúrgueres suínos (N. Jia et al., 2012).

Comparando com a amostra controle, a carne com adição do extrato apresentou menores valores de substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico e de carbonilas, indicando atuação do extrato na estabilidade lipídica e proteica do produto. Além disso, o extrato rico em antocianinas estabilizou a cor vermelha do produto no final do experimento. O valor de TBARS para a amostra controle no dia 9 foi de 2,13 mg/kg de carne, durante o armazenamento refrigerado. Os extratos foram preparados nas concentrações de 5, 10 e 20 g/kg, e demonstraram redução da produção de TBARS em 79,4, 90,6 e 91,7%, respectivamente. O antioxidante BHA foi adicionado na concentração de 0,2 g/kg de carne e produziu efeito semelhante aos tratamentos de 10 e 20 mg/kg. Os valores de TBARS das amostras com tratamento de groselha negra estavam abaixo do limiar de percepção de sabor rançoso, que é de 1 mg/kg. Desta maneira, o extrato é uma boa fonte natural de antioxidantes por possuir compostos fenólicos, e por ser capaz de substituir o composto sintético BHA na preservação do hambúrguer. O extrato bloqueia a reação em cadeia da oxidação, pois pode doar elétrons ou hidrogênio aos radicais livres e torná-los mais estáveis. Ao final de 9 dias, os valores de TBARS (mg MDA/kg de carne) para as amostras controle, 5 g/kg de extrato, 10 g/kg, 20 g/kg e 0,2 g/kg de BHA foram de aproximadamente: 2,13; 0,6; 0,2; 0,15 e 0,25. Os autores afirmam que ainda são necessárias pesquisas para identificar os compostos fenólicos específicos no extrato que são responsáveis pela atividade antioxidante.

3.2.46. Efeito da casca verde de pistache em hambúrgueres bovinos (N. Sadeghinejad et al., 2019)

Hambúrgueres que receberam o tratamento tiveram forte inibição da formação de carbonilas proteicas, enquanto que os valores de oxidação lipídica foram menos afetados em relação ao controle após oito dias de armazenamento. A casca verde de pistache possui alta atividade antioxidante devido à presença de compostos fenólicos em sua composição. Valores aproximados de TBARS em mg MDA/kg após oito dias de armazenamento refrigerado nas amostras: controle (1,7), 250 mg/kg (1,5), 500 mg/kg (0,9), 750 mg/kg (0,85), 1000 mg/kg (1), ácido ascórbico a 500 mg/kg (0,2). O aumento da concentração de TBARS foi dependente do tempo de armazenamento, e com o passar de oito dias as amostras que receberam tratamento com mais de 500 mg/kg apresentaram valor de TBARS menor do que o controle. O ácido ascórbico apresentou os menores valores de TBARS durante todo o período de armazenamento, demonstrando maior atividade antioxidante. As amostras de extrato com concentração superior a 500 mg/kg podem ser consideradas um antioxidante natural e antimicrobiano para carne bovina. A adição da casca de pistache é vantajosa para preservar as qualidades da carne bovina, porém alguns estudos precisam ser feitos para explicar melhor os mecanismos antioxidantes dos compostos fenólicos no tecido muscular.

3.2.47. Adição de extratos de frutas vermelhas em hambúrgueres bovinos (A.S. Babaoglu et al., 2022)

Hambúrgueres bovinos foram submetidos a tratamentos com água de bagaço de amora preta, amora, groselha e mirtilo durante nove dias, para verificar suas propriedades físico-químicas. Os maiores valores de fenólicos totais e flavonoides como por exemplo catequina, ácido gálico, rutina e quercetina foram encontrados no extrato de amora preta. Durante todos os dias, os valores de TBARS para as amostras com extratos foram menores do que TBARS da amostra controle. O uso de extratos da água de frutas vermelhas foi capaz de melhorar a qualidade dos hambúrgueres, inibindo as reações oxidativas. Os fenólicos podem reagir com radicais de oxigênio e inibir a oxidação no estágio inicial, onde a atividade antioxidante desses compostos depende do número de hidroxilas ligadas ao anel aromático e da posição dessas hidroxilas. Valores de TBARS em mg MDA/kg de carne para cada uma das amostras ao final de nove dias: controle (1,575), amora preta (0,443), amora (0,373), groselha (0,489), mirtilo (0,548). Os extratos das frutas foram obtidos de seus

resíduos, o que contribui com a valorização dos subprodutos de resíduos agrícolas e com a sustentabilidade. Além de ser benéfica nutricionalmente para o consumidor, a adição das frutas vermelhas configurou-se como uma vantagem para o meio ambiente. Os resultados mostraram que o extrato de amora preta é um conservante de destaque entre os demais, melhorando a estabilidade oxidativa dos produtos.

3.2.48. Adição de algas marinhas e uso de vitamina E em carne suína (Rajauria et al., 2016)

Cinquenta e seis suínos foram distribuídos em grupos e receberam diferentes dietas para avaliar o impacto na oxidação lipídica da carne e na determinação da capacidade antioxidante total da carne. Foi feita a dieta basal; a dieta basal adicionada de extrato de algas marinhas; basal adicionada de vitamina E e a basal adicionada de galactooligosacarídeos (GOS). As amostras de carne de animais que receberam algas marinhas e vitamina E demonstraram maior capacidade antioxidante total durante o período, pois reduziram a oxidação lipídica consideravelmente. Algas são conhecidas por serem fontes de antioxidantes como polissacarídeos, ácido ascórbico, carotenóides e polifenóis, que melhoram a qualidade dos alimentos. Além destes, o alfa tocoferol utilizado também aumenta a atividade antioxidante das carnes, pois a vitamina E pode eliminar os radicais livres e proteger os fosfolipídeos. A atividade antioxidante dos “GOS” é decorrente de suas propriedades prebióticas, como a presença de ácido ferúlico. As amostras com algas e com vitamina E apresentaram leve aumento da oxidação apenas nos dias 11 e 14 de armazenamento, enquanto que amostras com GOS exibiram deterioração logo após o quarto dia. Até o décimo primeiro dia de experimento, todas as amostras tiveram valores de TBARS inferiores a 1,0 mg MDA/kg. Mas após o décimo quarto dia, amostras controle e GOS obtiveram TBARS de 1,36 e 1,66 mg MDA/kg respectivamente, aumentando os compostos deteriorantes de sabor e aroma nas carnes. Entretanto, amostras com algas marinhas e vitamina E produziram valores de TBARS de 0,92 e 0,74 mg MDA/kg, mostrando eficiência no combate à oxidação lipídica até o final do armazenamento. Os resultados demonstram o potencial de melhora da qualidade da carne suína através da inclusão de algas marinhas no músculo, uma vez que o potencial tóxico de aditivos sintéticos é cada vez mais difundido. Porém, os autores afirmam que ainda são necessários estudos para verificar os efeitos das algas marinhas na vida útil de carne suína.

3.2.49. Capacidade antioxidante de bagaço de uva em dietas de cordeiros (C. Guerra-Rivas et al., 2016)

O estudo analisou o efeito da adição de diferentes extratos (controle; 500 mg/kg de vitamina E; 50 mg/kg de extrato de semente de uva; 5% de bagaço de uva vermelha) na vida de prateleira de carne de cordeiro. Os animais foram alimentados com esses extratos e após o abate a carne foi analisada durante 14 dias. O tratamento com vitamina E (composto lipossolúvel) apresentou menor descoloração da carne e menor oxidação lipídica a partir do sétimo dia, configurando-se como o tratamento mais eficaz na prevenção de reações deteriorantes. A partir do dia sete, os tratamentos com semente de uva e com bagaço de uva apresentaram menores valores de TBARS em comparação com a amostra controle, devido a presença de fenólicos nessas dietas. Os fenólicos têm capacidade de minimizar o dano oxidativo de um tecido, ao aumentarem as defesas naturais das células. As diferenças entre os tratamentos não foram tão expressivas por causa da suscetibilidade oxidativa, tempo de alimentação e doses empregadas. As carnes que receberam tratamento não excederam o limite de rancidez estabelecido, porém a amostra controle ultrapassou esse limite. As condições de armazenamento como iluminação intensa e alto teor de oxigênio favorecem a oxidação da carne. Os resultados indicam que subprodutos de vinho tinto podem ser inseridos em dietas de cordeiro sem causar prejuízos à vida útil da carne, apesar de não demonstrarem eficácia tão grande quanto a vitamina E. Ainda são necessárias pesquisas para avaliar o efeito de diferentes doses dos extratos na dieta de cordeiros.

3.2.50. Extratos de acerola em hambúrgueres de carne bovina moída (C.E. Realini et al., 2014)

A carne moída foi obtida de touros alimentados com quatro dietas distintas: controle; contendo linhaça; ácido linoleico conjugado; ácido linoleico conjugado e adição de linhaça. Os hambúrgueres foram preparados com ou sem adição de acerola, e expostos a condições com alto teor de oxigênio. Porém, não houve interação entre as dietas e os tratamentos antioxidantes. A adição de linhaça aumentou o teor de ácidos graxos na carne, enquanto a acerola aumentou a vida útil do produto em pelo menos três dias, melhorando a cor, a estabilidade lipídica e reduzindo o sabor rançoso dos hambúrgueres. As amostras de controle apresentaram valores de TBARS superiores aos das amostras tratadas com acerola durante toda a exibição do produto. O limite proposto para detecção da oxidação foi de 2,3 mg MDA/kg, onde a amostra controle atingiu esse valor após 3 dias, enquanto a amostra tratada com acerola atingiu ao final do sexto dia, indicando uma vantagem de 3 dias da estabilidade lipídica para a carne bovina que recebeu tratamento. Todos os animais do

experimento receberam vitamina E na alimentação, indicando que a adição de outros compostos com mecanismos antioxidantes diferentes podem ter efeito sinérgico para reduzir a oxidação lipídica. A alimentação com linhaça e/ou ácido linoleico conjugado não afetou a estabilidade lipídica dos hambúrgueres bovinos, porém a acerola demonstrou potencial antioxidante natural retardando a oxidação em hambúrgueres bovinos.

3.2.51. Cogumelo shiitake na manutenção da qualidade de salsichas (S. Pil-Nam et al., 2015).

Diferentes concentrações de shiitake (0, 0,4, 0,8 e 1,2%) foram adicionadas em salsicha para avaliar seus efeitos na qualidade do produto e comparar com a adição de 100 mg/kg de nitrito de sódio. O shiitake não alterou as características sensoriais da salsicha, pois as amostras tratadas foram bem aceitas na análise sensorial. Além dessas vantagens, produziu menores valores de TBARS do que as amostras controle e aquelas com aditivo sintético, em todos os 30 dias de análise. A adição do composto também retardou o desenvolvimento bacteriano. Quanto maior o nível de shiitake utilizado, menores os valores de TBARS. A oxidação lipídica foi mais intensa nas amostras controle e com aditivo sintético. Os grupos hidroxila (OH) podem ser os responsáveis pela alta atividade antioxidante do cogumelo. O tratamento com shiitake a 0,8% teve nível inibitório da oxidação superior ao nitrito de sódio. Valores de TBARS em mg MDA/kg após 30 dias de armazenamento: controle (2,97), 0,4% (1,81), 0,8% (0,84), 1,2% (0,49), 100 mg/kg de nitrito de sódio (0,91). Salsichas feitas com 0,8 e 1,2% de shiitake apresentaram melhores avaliações de sabor e aceitação geral em comparação com os outros tratamentos. O shiitake possui alta bioatividade (compostos fenólicos como rutina, ácido gálico e catequina), e pode ser utilizado para prevenir a oxidação lipídica, por ser mais seguro em relação aos sintéticos.

3.2.52. Cúrcuma adicionada em hambúrgueres de carne de pato (Augustynka-Prejsnar et al., 2022)

O estudo objetivou avaliar os efeitos da adição de cúrcuma na qualidade da carne de pato. Foram utilizadas quatro formulações: controle, com cúrcuma em pó, com extrato de cúrcuma e com cúrcuma em pasta. O açafrão em pó e em pasta foram capazes de reduzir a oxidação lipídica de hambúrgueres embalados à vácuo ao longo de 18 dias, onde o açafrão

em pó demonstrou os mais baixos valores de TBARS. O açafrão em pó apresentou boa avaliação na análise sensorial, enriquecendo atributos de sabor, cor e aroma. A oxidação lipídica ocorreu mais lentamente nas amostras com cúrcuma em pó do que nas outras formulações, e a substância na forma de pó também apresentou maior estabilidade oxidativa. O açafrão contém curcumina, que é capaz de capturar os radicais livres de oxigênio, funcionando como um antioxidante de quebra de cadeia. No último dia de análise, o efeito mais proeminente na oxidação lipídica foi atribuído pela adição de cúrcuma em pó, depois em pasta e em menor grau pelo extrato de cúrcuma. A suplementação com açafrão foi capaz de clarear a cor do produto e desacelerar a oxidação lipídica, em produtos armazenados sob refrigeração durante 18 dias. Apesar de a oxidação lipídica ter aumentado em todos os tratamentos após 6 dias, os menores valores de TBARS foram encontrados para a carne adicionada de cúrcuma em pó.

3.2.53 Adição de um filme comestível de cúrcuma em carne suína, frango e lombo bovino (H. Bojorges et al., 2020)

O estudo desenvolveu um filme comestível à base de alginato e cúrcuma, para avaliar a atividade antioxidante em lombo suíno fresco, lombo bovino e peito de frango, onde as amostras estavam sob refrigeração. A adição de cúrcuma contribuiu para o surgimento de menores valores de TBARS nas carnes e para a atividade antioxidante, que é decorrente da presença de curcumina. O extrato de cúrcuma foi capaz de proteger a carne da deterioração lipídica e da perda de cor. Apesar do período de armazenamento ter influenciado no aumento de valores de TBARS, os três tipos de carnes apresentaram resultados consideráveis. A carne suína foi a que apresentou maiores valores de TBARS durante o armazenamento, mas permaneceu abaixo de 0,5 mg MDA/kg de carne. Ao final de 12 dias, o frango que recebeu tratamento apresentou valor de TBARS de 0,33 mg MDA/kg, enquanto que para carne de porco o valor ficou em torno de 0,5 mg MDA/kg. Para o lombo bovino o valor encontrado foi de 0,6 mg MDA/kg no décimo sexto dia. Os resultados mostram que o tratamento com filme comestível foi eficiente no combate à oxidação em todas as amostras, pois reduziu o valor de TBARS. O filme biodegradável apresenta benefícios como o potencial de prolongar a vida útil e manter a qualidade da carne suína, bovina e de frango.

3.2.54. Atuação de polifenóis de amora na estabilização de carne suína picada (L. Xu et al., 2018)

As concentrações utilizadas do extrato de polifenóis foram 20 g/kg e 40 g/kg, enquanto que para o antioxidante BHT foi utilizada concentração de 0,2 g/kg. A carne com extrato apresentou redução do valor de TBARS, melhor estabilidade microbiológica e melhores propriedades sensoriais. Os resultados mostram que o extrato possui potencial antioxidante em produtos cárneos, onde essa capacidade depende da concentração adicionada no produto. O extrato é rico em antocianinas e ácidos fenólicos, que são capazes de eliminar radicais livres no meio. O extrato a 20 g/kg e o BHT a 0,2 g/kg exerceram atividade antioxidante semelhante durante todo o período, resultando em cerca de 2,5 mg MDA/kg no dia 20. Foi observado que o tratamento térmico acelera a oxidação lipídica da carne suína. O tratamento natural e o sintético produziram menores valores de TBARS na carne do que a amostra controle, em quase todos os pontos. Os valores de TBARS para a carne com 40 g/kg de extrato foram de 2,0 mg MDA/kg, que representou cerca de 41,59% de diminuição em relação à amostra controle, no dia 20. Além de reduzir a oxidação lipídica, o extrato também foi capaz de reduzir a deterioração da cor durante o período de armazenamento, confirmando que esse composto pode ser aplicado futuramente para preservar a qualidade das carnes.

3.2.55. Extrato de semente de uva em carne de cordeiro (G.V.B. Reddy et al., 2013)

A carne que recebeu o tratamento teve menor valor de TBARS em comparação com as amostras controle e BHA, e também recebeu melhor pontuação na análise sensorial. O extrato de semente de uva demonstrou alta atividade antioxidante durante o estudo. Ao final de 14 dias, a carne que recebeu extrato de semente de uva apresentou menores valores de TBARS (cerca de 0,3 mg MDA/kg), enquanto a amostra controle atingiu valores próximos a 0,6 mg MDA/kg e a amostra com BHA obteve 0,4 mg MDA/kg. O extrato de semente de uva utilizado é rico em proantocianidinas, que são captadores de radicais livres e sequestrantes de espécies reativas de oxigênio, com capacidade de quelar íons metálicos. Os valores de TBARS aumentaram em todos os tratamentos, porém na carne com semente de uva o aumento foi menos expressivo. Ao final de 28 dias, os valores em mg MDA/kg foram os seguintes: controle (0,9), BHA (0,8) e extrato natural (0,7). O composto natural desempenhou maior atividade antioxidante do que o BHA, e também aumentou a vida útil da carne de cordeiro por pelo menos 28 dias sob refrigeração.

3.2.56. Extrato natural de folhas de goiaba em linguiça suína (T.T.T. Tran et al., 2020)

O estudo teve como objetivo detectar a capacidade antioxidante do extrato de folha de goiaba (3000, 4000, 5000 e 6000 mg/kg) em carne suína, e comparar com a atividade do BHT a 200 mg/kg por 14 dias. A partir do quarto dia, os extratos a 5000 e 6000 mg/kg obtiveram maior capacidade antioxidante do que a amostra controle, e semelhante à atividade do BHT. O valor de TBARS para esses tratamentos naturais também reduziu, e a coloração não sofreu alteração. Foi observado que quanto maior a concentração do extrato utilizado, maior a capacidade antioxidante. Durante os 14 dias, a linguiça controle apresentou maior concentração de TBARS do que as demais, sendo a única que atingiu valores superiores a 1,0 mg MDA/kg de carne. Enquanto que as amostras com BHT, 5000 e 6000 mg/kg produziram efeitos superiores e semelhantes na redução de formação de TBARS do que as amostras com 3000 e 4000 mg/kg. As folhas de goiaba tiveram ação considerável na redução de TBARS, onde as concentrações de 5000 e 6000 mg/kg obtiveram eficácia semelhante ao do BHT. Os resultados mostram o potencial dos compostos ativos, como a quercetina do extrato de goiaba, em proteger os lipídios da linguiça durante o armazenamento refrigerado. A maior inibição da formação de produtos primários e secundários da oxidação ocorreu em maiores concentrações, como 5000 e 6000 mg/kg, que demonstraram eficácia semelhante ao BHT a 200 mg/kg. Porém, o extrato a 4000 mg/kg foi capaz de inibir a oxidação lipídica e ainda de manter a coloração vermelha específica para linguiça suína. Testes sensoriais indicaram que o extrato não provocou alterações no perfil sensorial do produto.

3.2.57. Filés de truta arco-íris incorporados com ervas e especiarias (S. Raeisi et al., 2016)

Análises químicas e contagens de bactérias foram feitas nas amostras de truta controle e naquelas que receberam extrato a 1,5% e 3,0%, indicando que o tratamento reduziu a oxidação lipídica e melhorou a aceitação global. 3% de extrato de semente de ervas aromáticas (ajwain) melhorou a atividade antioxidante da carne, até o dia 15, seguido pela adição de 3% de extrato de chalota (uma espécie de alho). A truta arco-íris possui altos índices de ácidos graxos mono e poliinsaturados, portanto é muito suscetível à oxidação lipídica. Dessa forma, os valores de peróxidos lipídicos aumentaram consideravelmente durante o armazenamento refrigerado. Os extratos adicionados possuem fenólicos como gama-terpineno e monoterpenos, e também taninos, responsáveis pela atividade

antioxidante (quelação de cátions metálicos ou doação de átomos de hidrogênio). Após 15 dias, os menores valores de TBARS foram observados para as amostras que receberam 3% de extratos de ervas aromáticas, mostrando que essas ervas possuem atividade antioxidante superior à da chalota, na mesma concentração. Os dois extratos demonstraram eficiência para retardar a deterioração química e lipídica, mantendo os atributos sensoriais da truta arco-íris semi frita. Métodos naturais são boas alternativas para prolongar a vida útil de pescados.

3.2.58. Efeito sinérgico entre extrato de tomate e de hortelã-pimenta em linguiça suína cozida (B. Sojic et al., 2020)

A atividade dos extratos produzidos foi comparada com os efeitos da adição de nitrito de sódio na carne. Foram produzidos cinco lotes detalhados na tabela a seguir:

Tabela 1. Composição dos extratos

Nome do tratamento	Composição	Valores de TBARS (mg MDA/kg) após 60 dias
T1	100 mg/kg de nitrito de sódio	7,04
T2	50 mg de nitrito de sódio	5,06
T3	50 mg de nitrito de sódio e 0,150 µL/g de TP	1,76
T4	50 mg de nitrito de sódio, 0,075 µL/g de TP e 0,075 µL/g PM	1,01
T5	50 mg de nitrito de sódio e 0,150 µL/g PM	2,14

Fonte: A autora

Os menores valores de TBARS foram encontrados no tratamento T4, mostrando que a combinação dos extratos melhorou a qualidade das linguiças cozidas. A atividade antioxidante do composto “PM” ocorre pela presença de terpenos, que eliminam os radicais livres do meio reacional. “TP” possui ácidos graxos poliinsaturados e carotenóides como o licopeno, que são responsáveis pela atividade antioxidante deste composto. Ao final do período de armazenamento, os valores de TBARS apresentaram diferenças na seguinte ordem: T2 > T5 > T3 > T1 > T4. O tratamento T2 obteve valor de 0,59 mg MDA/kg, enquanto todos os outros apresentaram valores inferiores a 0,5 mg MDA/kg. A maior atividade antioxidante observada em T4 ocorreu pela sinergia entre os compostos PM e TP,

precisamente entre terpenóides e carotenóides. Os dois tratamentos naturais tiveram sua bioatividade comprovada, através da determinação da capacidade antioxidante. A prevenção da oxidação lipídica das linguiças ocorreu pelo sinergismo entre as moléculas, comprovando que elas podem substituir parcialmente o nitrito em linguiças suínas cozidas.

3.2.59. Efeitos da combinação entre alecrim e chá verde em linguiça suína (M. W. Schilling et al., 2018)

O estudo utilizou diferentes concentrações dos extratos para avaliar a atuação na carne suína congelada durante 6 meses: 1500, 2000, e 2500 mg/kg de extrato de alecrim; e 100, 200 e 300 mg/kg de extrato de chá verde, também foi feita comparação com o uso de antioxidantes sintéticos (BHA, BHT e PG). Os extratos de alecrim e de chá verde foram capazes de reduzir a oxidação e o crescimento bacteriano durante o período, onde menores valores de TBARS foram observados em amostras mais concentradas das combinações entre os extratos. A atividade antioxidante está ligada aos compostos fenólicos presentes nos dois compostos. Estes dois extratos também apresentaram maior aceitabilidade pelos consumidores e aumentaram a vida útil das linguiças. Os menores valores de TBARS foram encontrados em combinações de tratamentos com 2500 mg/kg de extrato de alecrim, e os maiores valores de TBARS foram obtidos na amostra controle. Quanto menor a concentração do extrato de alecrim, maior a formação de compostos voláteis derivados da oxidação lipídica. Os antioxidantes sintéticos não foram tão eficazes quanto os naturais no combate à oxidação lipídica. Alecrim e chá verde preservaram a intensidade do sabor do produto, e preservaram a coloração vermelha desejável na linguiça.

3.2.60. Revestimento de quitosana em filés de peixe congelado (Xujian Qiu et al., 2015)

O estudo demonstrou que a quitosana combinada com ácido cítrico ou com extrato de alcaçuz preservou o frescor dos filés de peixe, inibindo a oxidação primária e secundária. Os valores de peróxido e de TBARS foram reduzidos com a adição dos tratamentos, onde o efeito antioxidante foi mais expressivo na quitosana com extrato de alcaçuz, em seguida pela quitosana com ácido cítrico e por último na quitosana sozinha. A quitosana tem a propriedade de formar quelatos com os íons ferrosos, impedindo que a oxidação ocorra. Inicialmente, o valor de peróxidos aumentou em todas as amostras, indicando oxidação lipídica primária. Porém, as amostras com os dois tratamentos obtiveram valores mais

baixos de peróxidos do que a amostra controle, durante os seis meses de pesquisa. O extrato de alcaçuz possui polifenóis com atividade antioxidante, e é capaz de eliminar o peróxido de hidrogênio. Durante seis meses de armazenamento, o valor de TBARS na amostra controle aumentou de 0,22 para 3,05 mg MDA/kg, sendo o valor mais discrepante entre todos (Xujian Qiu et al., 2015). Com o passar de seis meses, quitosana, quitosana com ácido cítrico e quitosana com extrato de alcaçuz reduziram os valores de TBARS a 1,56; 1,35 e 1,11 mg MDA/kg, respectivamente. O revestimento de quitosana pode atuar como uma barreira à permeação do oxigênio, reduzindo a oxidação lipídica. Foram observados efeitos sinérgicos entre os compostos para combater a oxidação lipídica. Por serem altamente perecíveis, a oxidação é um grande problema para os frutos do mar, por isso o uso dos conservantes naturais citados é uma técnica vantajosa na preservação da qualidade destes produtos.

Conclusão

Uma ampla variedade de substâncias vegetais vem sendo estudada para serem utilizadas como aditivos na indústria alimentícia a fim de preservar suas características sensoriais e funcionais. Essa alternativa representa um benefício para o meio ambiente, pois demonstra que resíduos do processamento de alimentos podem ser utilizados na formulação de novos produtos, e também uma alternativa eficaz no ponto de vista da saudabilidade, pois o uso de aditivos naturais tem menor potencial tóxico para o organismo humano, quando comparado com os aditivos sintéticos. Além disso, muitos ativos naturais apresentam uma ação antioxidante igual ou superior às substâncias sintéticas.

Os aspectos de sabor, aroma, cor, textura e suculência são importantes quando se busca carne de qualidade, e muitos estudos demonstram que os antioxidantes naturais são capazes de preservar essas propriedades, desde que sejam utilizados em quantidades adequadas. Em alguns casos, como o das especiarias, a adição das substâncias agrega

sabor e aroma à carne, fazendo com que a carne tratada recebesse melhores notas na análise sensorial. Essa informação mostra que além de desempenharem a função de prevenção da deterioração, compostos naturais ainda podem contribuir positivamente na decisão de escolha do consumidor. Com relação às condições utilizadas para a formulação das amostras, os compostos demonstraram relativa estabilidade térmica e de processamento, não sendo observadas grandes perdas ou inibições de suas atividades no alimento devido às temperaturas utilizadas durante o processo.

O tratamento com os antioxidantes naturais também é capaz de inibir o crescimento de bactérias deteriorantes e prevenir a oxidação proteica, agindo na manutenção da qualidade da carne, pois quando a oxidação proteica é inibida, as perdas nas características de textura e suculência da carne são minimizadas, e o valor nutricional é mantido.

Referências

Nitritos e nitratos em produtos cárneos enlatados e/ou embutidos. UNISEPE. IAMARINO, L. Z. Ano: 2015. Acesso em 30/06/2022. Disponível em https://portal.unisepe.com.br/unifia/wp-content/uploads/sites/10001/2018/06/22nitritos_nitratos.pdf

AKCAN, T.; ESTÉVEZ, M.; SERDAROGLU, M. Antioxidant protection of cooked meatballs during frozen storage by whey protein edible films with phytochemicals from *Laurus nobilis* L.

and *Salvia officinalis*. LWT. Vol 77, April 2017, Pages 323-331. doi: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2016.11.051>

ALARCÓN, M. et al. Effect of winery by-product extracts on oxidative stability, volatile organic compounds and aroma profile of cooked pork model systems during chilled storage. LWT. Volume 152, December 2021, 112260. doi: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.112260>

ARMENTEROS, M.; MORCUENDE, D.; VENTANAS, J.; ESTÉVEZ, M. The application of natural antioxidants via brine injection protects Iberian cooked hams against lipid and protein oxidation. Meat Science. Volume 116, June 2016, Pages 253-259. doi: <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2016.02.027>

Atividade Antioxidante e perfil de ácidos graxos de extratos da torta de noz de pecã (*Carya illinoensis*) obtidos por extração supercrítica. SALVADOR, A. A., 2017. Disponível em: <https://www.researchgate.net/figure/Figura-4-Estrutura-de-antioxidantes-sinteticos-utilizados-em-alimentos_fig3_319990317>

BABAOGLU, A. S. et al. Antioxidant and antimicrobial effects of blackberry, black chokeberry, blueberry, and red currant pomace extracts on beef patties subject to refrigerated storage. Meat Science. Volume 187, May 2022, 108765. doi: <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2022.108765>

BHAT, A. A.; KUMAR, A.; KAUR, M. Effect of clove oil on the oxidative stability and microbial quality of almond and walnut enriched chevon nuggets. Journal of Pure and Applied Microbiology. Vol 10, June 2016. link: <https://link.gale.com/apps/doc/A481650224/AONE?u=capes&sid=bookmark-AONE&xid=0165a483>

BALDIN, J. C. et al. Microencapsulated jaboticaba (*Myrciaria cauliflora*) extract added to fresh sausage as natural dye with antioxidant and antimicrobial activity. Meat Science. Volume 118, August 2016, Pages 15-21. doi: <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2016.03.016>

BASANTA, M. F. et al. Plum (*Prunus salicina*) peel and pulp microparticles as natural antioxidant additives in breast chicken patties. Food Research International. Volume 106, April 2018, Pages 1086-1094. doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2017.12.011>

BELLÉS, M.; ALONSO, V.; RONCALÉS, P.; BELTRÁN J. A. Effect of borage and green tea aqueous extracts on the quality of lamb leg chops displayed under retail conditions. *Meat Science*, Volume 129, July 2017, Pages 153-160. doi: <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2017.03.003>

BELLUCCI, E. R. B. et al. Açai powder as natural antioxidant on pork patties during the refrigerated storage. *Meat Science*. Volume 184, February 2022, 108667. doi: <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2021.108667>

Bruno Raniere Lins de Albuquerque Meireles, Raíssa Cristina Leandro Vitor, Sinthya Kelly Queiroz Morais, Thaisa Cidarta Melo Barbosa, Sabrina dos Santos Costa, Sthelio Braga da Fonseca, 2020. **Avaliação do potencial corante e antioxidante de betalaínas (Beta vulgaris, L.) em mortadela de frango.**

BOJORGES, H. et al. Effect of the application of an edible film with turmeric (*Curcuma longa* L.) on the oxidative stability of meat. *Food Science and Nutrition*. July 2020. doi: <https://doi.org.ez46.periodicos.capes.gov.br/10.1002/fsn3.1728>

BOTSOGLU, E. et al. Effect of olive leaf (*Olea europea* L.) extracts on protein and lipid oxidation in cooked pork meat patties enriched with *n-3* fatty acids. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. Volume 94, January 2014, Pages 227-234. link: <https://doi.org.ez46.periodicos.capes.gov.br/10.1002/jsfa.6236>

Como acontece a degradação de lipídios nos alimentos para nutrição animal e como evitá-la. Beatriz Pasquali Fernandes, 2020. Disponível em <https://www.btaaditivos.com.br/br/blog/como-acontece-a-degradacao-de-lipideos-nos-alimentos-para-nutricao-animal-e-como-evita-la> > Acesso em 25/05/2022

DELGADO, L. H. V., et al. Oxidative stability in raw, cooked, and frozen ground beef using Epazote (*Chenopodium ambrosioides* L.). *Meat Science*, Volume 168, October 2020, 108187. doi: <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2020.108187>

ERGEZER, H.; SERDAROGLU, M. Antioxidant potential of artichoke (*Cynara scolymus* L.) byproducts extracts in raw beef patties during refrigerated storage. *Journal of Food Measurement and Characterization*. Volume 12, Pages 982-991. 2018. link: [Antioxidant potential of artichoke \(Cynara scolymus L.\) byproducts extracts in raw beef patties during refrigerated storage | SpringerLink](#)

ESTÉVEZ, M. Critical overview of the use of plant antioxidants in the meat industry: Opportunities, innovative applications and future perspectives. *Meat Science*, Volume 181, November 2021, 108610. doi:

<https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2021.108610>

FARIAS, N. N. P. et al. Ethanolic extract of mango seed used in the feeding of broilers: effects on phenolic compounds, antioxidant activity, and meat quality. *Canadian Journal of Animal Science*. Volume 100, Number 2, June 2020. Publication: 5 december 2019. doi: <https://doi.org/10.1139/cjas-2018-0120>

GANHÃO, R.; ESTÉVEZ, M.; ARMENTEROS, M.; MORCUENDE, D. Mediterranean Berries as Inhibitors of Lipid Oxidation in Porcine Burgers Patties Subjected to Cooking and Chilled Storage. *Journal of Integrative Agriculture*, Volume 12, November 2013. Pages 1982-1992. doi: [https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(13\)60636-X](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(13)60636-X)

HORCZYCZAK, E. G; KALINOWSKA, I. W.; WIERZBICKA, A. Supplemental linseed oil and antioxidants affect fatty acid composition, oxidation and colour stability of frozen pork. *South African Journal of Animal Science*. Vol. 50. No 2 (2020). doi: <https://doi.org/10.4314/sajas.v50i2.8>

JABERI, R.; KABAN, G.; KAYA, M. The effect of barberry (*Berberis vulgaris L.*) extract on the physicochemical properties, sensory characteristics, and volatile compounds of chicken frankfurters. Institute of food science and technology. *Journal of Food Processing and Preservation*. Volume 44, July 2020. doi: <https://doi-org.ez46.periodicos.capes.gov.br/10.1111/jfpp.14501>

JIA, NA.; KONG, B.; LIU, Q.; DIAO, X.; XIA, X. Antioxidant activity of black currant (*Ribes nigrum L.*) extract and its inhibitory effect on lipid and protein oxidation of pork patties during chilled storage. *Meat Science*. Volume 91, Issue 4, August 2012, Pages 533-539. doi: <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2012.03.010>

JIAO, Y. et al. Polyphenols from thinned young kiwifruit as natural antioxidant: Protective effects on beef oxidation, physicochemical and sensory properties during storage. *Food Control*. Volume 108, February 2020, 106870. doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2019.106870>

JUNIOR, M. M. et al. Substitution of synthetic antioxidant by curcumin microcrystals in mortadella formulations. Food Chemistry. Volume 300. December 2019, 125231. doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.125231>

KHARRAT, N. et al. Synergistic effect of polysaccharides, betalain pigment and phenolic compounds of red prickly pear (*Opuntia stricta*) in the stabilization of salami. International Journal of Biological Macromolecules. Volume 111, May 2018, Pages 561-568. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2018.01.025>

KIM, H. W. et al. Antioxidant effects of soy sauce on color stability and lipid oxidation of raw patties during cold storage. Meat Science, Volume 95, november 2013, Pages 641-646. doi: <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2013.06.006>

KIM, J. H.; JANG, H. J.; LEE, C.H. Effect of aged garlic powder on physicochemical characteristics, texture profiles, and oxidative stability of ready-to-eat pork patties. Asian-Australasian Journal of Animal Sciences. January 2019, Pages 1027-1035. doi: <https://doi.org/10.5713/ajas.18.0689>

LAVADO, G.; LADERO L.; CAVA, R. Cork oak (*Quercus suber L.*) leaf extracts potential use as natural antioxidants in cooked meat. Industrial Crops and Products. Volume 160, February 2021, 113086. doi: <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2020.113086>

Lazzarotto, SRS; Scherruth, MSF; Calixto, PS; Carraro, MM; Silveira, AC; Lazzarotto, M. Método de Folin Ciocalteu adaptado para quantificar polifenóis em extratos de erva-mate. Revista movimentA, 2020. Disponível em <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/222830/1/Marcelo-Lazzarotto-Metodo-de-Folin.pdf>> Acesso em 16/05/2022

LÓPEZ, S. H. H.; CARPENA, J. G. R.; FLORES, C. L.; NUÑEZ, F. G.; ESTÉVEZ, M. Avocado waste for finishing pigs: Impact on muscle composition and oxidative stability during chilled storage. Meat Science. Volume 116. June 2016. Pages 186-192. doi: <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2016.02.018>

LORENZO, J. M. et al. Influence of pitanga leaf extracts on lipid and protein oxidation of pork burger during shelf-life. Food Research International. Volume 114, December 2018, Pages 47-54. doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.07.046>

MANCINI, S. et al. Effect of turmeric powder (*Curcuma longa* L.) and ascorbic acid on physical characteristics and oxidative status of fresh and stored rabbit burgers. Meat Science. Volume 110, December 2015, Pages 93-100. doi: <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2015.07.005>

MAQBOOL, H. et al. Effect of beetroot peel dip treatment on the quality preservation of Deccan mahseer (*Tor khudree*) steaks during frozen storage (-18°C). LWT. Volume 151, November 2021, 112222. doi: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.112222>

MASHAU, M. E.; RAMATSETSE, K. E.; RAMASHIA, S. E. Effects of Adding *Moringa oleifera* Leaves Powder on the Nutritional Properties, Lipid Oxidation and Microbial Growth in Ground Beef during Cold Storage. New Frontiers in Meat Science and Technology. Volume 11. March 2021. doi: <https://doi.org/10.3390/app11072944>

MEIRELES, B. R. L. A. et al. Evaluation of the potential coloring and antioxidant of betalains (*Beta vulgaris*, L.) in chicken mortadela. Research, Society and Development. Agrarian and Biological Sciences, vol. 9, no. 7. May 2020. doi: <https://doi.org/10.33448/rsd-v9i7.3995>

MORAES, Samara Boaventura et al., 2014. Scielo Brazil. Síntese e caracterização de nanocompósitos de poliestireno/hidroxissal lamelar. Disponível em <<https://www.scielo.br/j/qn/a/wrB9rQd8dxRGxK6yYNND9qS> > Acesso em 16/05/2022

MUÍÑO, I. et al. Effect of dietary supplementation with red wine extract or vitamin E, in combination with linseed and fish oil, on lamb meat quality. Meat Science, Volume 98, issue 2, October 2014, Pages 116-123. doi: <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2014.05.009>

NISHAD, J.; KOLEY, T. K.; VARGHESE, E.; KAUR, C. Synergistic effects of nutmeg and citrus peel extracts in imparting oxidative stability in meat balls. Food Research international. Volume 106, April 2018, Pages 1026-1036. doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.01.075>

Nitrito, nitrato e sorbato em produtos cárneos consumidos no Brasil. OLIVEIRA, E. M. D., Araraquara, 2014. Disponível em: <<https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/124295/000834021.pdf?sequence=1>>

Nitritos e nitratos em produtos cárneos enlatados e/ou embutidos. UNISEPE. IAMARINO, L. Z. Ano: 2015. Acesso em 30/06/2022. Disponível em

<https://portal.unisepe.com.br/unifia/wp-content/uploads/sites/10001/2018/06/22nitritos_nitratos.pdf>

OLIVEIRA, R.R. et al. Antioxidantes naturais em produtos cárneos. PUBVET, Londrina, V. 6, N. 10, Ed. 197, Art. 1324, 2012.

O que é queleação. Biologia da conservação. Biota do futuro. Jefferson Alvarenga. Julho de 2017. Disponível em <<https://www.biotadofuturo.com.br/o-que-e-quelacao/>>

Os tipos e os efeitos da rancidez oxidativa em alimentos. Revista Food Ingredients Brasil, 2014. Disponível em <https://revista-fi.com/upload_arquivos/201606/2016060396904001464897555.pdf>

OSAWA, Cibele Cristina; FELÍCIO, Pedro Eduardo de. Teste de TBA Aplicado a carnes e derivados: métodos tradicionais, modificados, e alternativos. Química Nova, Vol.28, No. 4, 655-663, 2005. Disponível em <<https://www.scielo.br/j/qn/a/9LXQknL4BPYjH65QHNpHfPf/?format=pdf&lang=pt>> Acesso em 17/05/2022

OZAKI, M. M.; MUNEKATA, P. E. S.; JACINTO-VALDERRAMA, R. A.; EFRAIM, P.; PATEIRO, M.; LORENZO, J. M.; POLLONIO, M. A. R. Beetroot and radish powders as natural nitrite source for fermented dry sausages. Meat Science, Volume 171, January 2021, 108275. doi: <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2020.108275>

PAIVA, G. B.; TRINDADE, M. A.; ROMERO, J. T.; BARRETTO, A. C. S. Antioxidant effect of acerola fruit powder, rosemary and licorice extract in caiman meat nuggets containing mechanically separated caiman meat. Meat Science. Volume 173, March 2021, 108406. doi: <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2020.108406>

PASUKAMONSET, P.; KWON, O.; ADISAKWATTANA, S. Oxidative Stability of Cooked Pork Patties Incorporated with *Clitoria ternatea* Extract (Blue Pea Flower Petal) During Refrigerated Storage. Institute of Food Science and Technology. Journal of Food Processing and Preservation. Volume 41, April 2016. doi: <https://doi.org/10.1111/jfpp.12751>

PATEIRO, M.; LORENZO, J.M.; AMADO, I.R.; FRANCO, D. Effect of addition of green tea, chestnut and grape extract on the shelf-life of pig liver pâté. Food Chemistry. Volume 147, March 2014, Pages 386-394. doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.09.153>

PEDREIRA, Carla M.S. Problemas relacionados com a coloração da carne. BEEFPOINT, 2001. Disponível em <<https://www.beefpoint.com.br/problemas-relacionados-com-a-coloracao-da-carne-4982/>> Acesso em 10/05/2022

PIL-NAM, S. et al. The impact of addition of shiitake on quality characteristics of frankfurter during refrigerated storage. LWT - Food Science and Technology. Volume 62, Issue 1, Part 1, June 2015, Pages 62-68. doi: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2015.01.032>

PREJSNAR, A. A. et al. The Effect of the Addition Turmeric on Selected Quality Characteristics of Duck Burgers Stored under Refrigeration. Safety and Quality of Meat and Meat Products. Volume 12, 2022. doi: <https://doi.org/10.3390/app12020805>

PROMMACHART, R. et al. Effect of Dietary Anthocyanin-Extracted Residue on Meat Oxidation and Fatty Acid Profile of Male Dairy Cattle. Animal Products Quality and Characterization. Volume 11. January 2021. link: <https://doi.org/10.3390/ani11020322>

PROMMACHART, R. et al. The effect of black rice water extract on surface color, lipid oxidation, microbial growth, and antioxidant activity of beef patties during chilled storage. Meat Science, Volume 164, June 2020, 108091. doi: <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2020.108091>

QIU, X.; CHEN, S.; LIU, G.; LIN, H. Inhibition of lipid oxidation in frozen farmed ovate pompano (*Trachinotus ovatus* L.) filets stored at -18°C by chitosan coating incorporated with citric acid or licorice extract. Journal of the Science of Food And Agriculture. Volume 96, Issue 10, August 2016. Pages 3374-3379. doi: <https://doi-org.ez46.periodicos.capes.gov.br/10.1002/jsfa.7517>

QWELE, K. et al. Chemical composition, fatty acid content and antioxidant potential of meat from goats supplemented with Moringa (*Moringa oleifera*) leaves, sunflower cake and grass hay. Meat Science. Volume 93, Issue 3, March 2013, Pages 445-462. doi: <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2012.11.009>

RAEISI, S. et al. Evaluation of antioxidant and antimicrobial effects of shallot (*Allium ascalonicum* L.) fruit and ajwain (*Trachyspermum ammi* (L.) Sprague) seed extracts in semi-fried coated rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fillets for shelf-life extension. LWT - Food

Science and Technology. Volume 65, January 2016, Pages 112-121. doi: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2015.07.064>

RAJAURIA, G.; DRAPER, J.; MCDONNELL, M.; O'DOHERTY, J.V. Effect of dietary seaweed extracts, galactooligosaccharide and vitamin E supplementation on meat quality parameters in finisher pigs. Innovative Food Science and Emerging Technologies. Volume 37, Part B, October 2016, Pages 269-275. doi: <https://doi-org.ez46.periodicos.capes.gov.br/10.1016/j.ifset.2016.09.007>

RAMELLA, M. V. et al. The Antioxidant Effect of Colombian Berry (*Vaccinium meridionale* Sw.) Extracts to Prevent Lipid Oxidation during Pork Patties Shelf-life. Advances in Natural Antioxidants for Food Improvement. Volume 10, Issue 8. doi: <https://doi.org/10.3390/antiox10081290>

REALINI, C. E.; GUÀRDIA, M.D.; DÍAZ, I.; REGUEIRO, G.; ARNAU, J. Effects of acerola fruit extract on sensory and shelf-life of salted beef patties from grinds differing in fatty acid composition. Meat Science, Volume 99, January 2015, Pages 18-24. doi: <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2014.08.008>

REDDY, G. V. B. et al. Effects of grape seed extract on the oxidative and microbial stability of restructured mutton slices. Meat Science. Volume 95, October 2013, Pages 288-294. doi: <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2013.04.016>

REIS, A. M. et al. Physico-chemical characteristics of microencapsulated propolis co-product extract and its effect on storage stability of burger meat during storage at -15°C. LWT - Food Science and Technology. Volume 76, Part B, March 2017, pages 306-313. doi: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2016.05.033>

RIVAS, C. G. et al. Effects of grape pomace in growing lamb diets compared with vitamin E and grape seed extract on meat shelf life. Meat Science, Volume 116, June 2016, Pages 221-229. doi: <https://doi-org.ez46.periodicos.capes.gov.br/10.1016/j.meatsci.2016.02.022>

Rutina: O que é, para que serve e qual a função deste ativo na pele. Adélia Mendonça, 2019. Disponível em <<https://adeliamendonca.com.br/blog/ativo-rutina-o-que-e-para-que-serve-e-qual-a-funcao-deste-ativo-na-pele/>> Acesso em 23/05/2022

SADEGHINEJAD, N. et al. Pistachio green hull extract as a natural antioxidant in beef patties: Effect on lipid and protein oxidation, color deterioration, and microbial stability during chilled storage. *LWT*, Volume 102, March 2019, Pages 393-402. doi: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.12.060>

SCHILLING, M. W. et al. Effects of Rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.) and Green Tea (*Camellia sinensis* L.) Extracts on Sensory Properties and Shelf Life of Fresh Pork Sausage during Long-Term frozen Storage and Subsequent Retail Display. *Meat and Muscle Biology*. Volume 2. 2018. link: <https://doi.org/10.22175/mmb2018.09.0026>

SCHILLING, M. W. et al. Changes in the physiochemical, microbial, and sensory characteristics of fresh pork sausage containing rosemary and green tea extracts during retail display. *Meat Science*. Volume 143, September 2018, Pages 199-209. doi: <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2018.05.009>

Secagem por atomização. Spray Process/secagem-por-atomização. Disponível em <<https://www.sprayprocess.com.br/secagem-por-atomizacao>> Acesso em 20/05/2022

SHIN, S. H.; CHANG, Y.; LACROIX, M.; HAN, J. Control of microbial growth and lipid oxidation on beef product using an apple peel-based edible coating treatment. *LWT*. Volume 84, October 2017, Pages 183-188. doi: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2017.05.054>

SOJIC, B. et al. Tomato pomace extract and organic peppermint essential oil as effective sodium nitrite replacement in cooked pork sausages. *Food Chemistry*, Volume 330, November 2020, 127202. doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.127202>

SOJIC et al. Effect of nutmeg (*Myristica fragrans*) essential oil on the oxidative and microbial stability of cooked sausage during refrigerated storage. *Food Control*. Volume 54, August 2015, Pages 282-286. doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2015.02.007>

SORIANO, A. et al. Oak wood extracts as natural antioxidants to increase shelf life of raw pork patties in modified atmosphere packaging. *Food Research International*. Volume 111, September 2018, Pages 524-533. doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.05.055>

TAYENGWA, T. et al. Dietary citrus pulp and grape pomace as potential natural preservatives for extending beef shelf life. *Meat Science*. Volume 162, April 2020, 108029. doi: <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2019.108029>

TRAN, T. T. T. et al. Application of natural antioxidant extract from guava leaves (*Psidium guajava* L.) in fresh pork sausage. Meat Science, Volume 165, July 2020, 108106. doi: <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2020.108106>

TURGUT, S. S.; ISIKÇI, F.; SOYER, A. Antioxidant activity of pomegranate peel extract on lipid and protein oxidation in beef meatballs during frozen storage. Meat Science. Volume 129, July 2017, Pages 111-119. doi: <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2017.02.019>

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO, Instituto de Química. XV Curso de Verão em Bioquímica e Biologia Molecular. Protocolos - Laboratório 3. Disponível em <http://cursobioquimica.iq.usp.br/paginas_view.php?idPagina=243&idTopico=868#.Yn1QKejMLIU> Acesso em 12/05/2022

XU, L.; ZHU, M. J.; LIU, X. M.; CHENG, J. R. Inhibitory effect of mulberry (*Morus alba*) polyphenol on the lipid and protein oxidation of dried minced pork slices during heat processing and storage. LWT, Volume 91, May 2018, Pages 222-228. doi: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.01.040>