



Capítulo 06
DOI: 10.53934/agronfy-2025-01-06

APLICAÇÃO DE ANTIOXIDANTES NATURAIS EM CARNES E PRODUTOS CÁRNEOS: UMA ALTERNATIVA PROMISSORA

Patrícia Lima Araújo *; Cristiani Viegas Brandão Grisi ; Mikassia Rosa Faustino ; Celene Ataíde Cordeiro Ribeiro ; Arianne Dantas Viana ; Gilsandro Alves da Costa ; Maria José de Figueiredo 

*Autor correspondente (Corresponding author) – Email:
patricialimaraujo97@gmail.com

Resumo: Antioxidantes são compostos bioativos que previnem a oxidação. Eles são adicionados à carne para evitar a oxidação de lipídios, retardar sabores estranhos e melhorar a estabilidade da cor. Antioxidantes sintéticos podem ser tóxicos e carcinogênicos, levando a indústria a usar mais produtos naturais de plantas. Este trabalho descreve o uso de antioxidantes naturais e seus efeitos em carnes, destacando sua importância na segurança alimentar e aceitação pelos consumidores. A revisão aborda antioxidantes naturais de frutas, condimentos e extratos vegetais, suas ações na prevenção da oxidação de lipídios e proteínas, e no aumento do prazo de validade dos produtos. Também discute suas fontes, formas de extração e incorporação em carnes. Pesquisas recentes mostram que antioxidantes naturais (óleos essenciais, ácidos fenólicos, flavonoides, terpenos, taninos) estão substituindo os sintéticos devido a preocupações de saúde. Eles eliminam radicais livres e previnem reações de oxidação em cadeia, minimizando os efeitos adversos da oxidação de lipídios e proteínas. As principais fontes são frutas, vegetais e subprodutos vegetais. Esses antioxidantes reduzem a oxidação da cor, lipídios e proteínas, mantendo a qualidade sensorial das carnes em diferentes condições de armazenamento. No entanto, podem afetar outros atributos de qualidade e a aceitação do produto pelos consumidores. Portanto, a aplicação segura e eficiente desses antioxidantes requer conhecimento técnico e cuidados específicos para manter a qualidade física e química das carnes sem prejudicar a qualidade sensorial.

Palavras-chave: Fenólicos; Oxidação de lipídios; Proteínas; Segurança alimentar

INTRODUÇÃO

Um dos principais desafios da indústria de alimentos é a extensão do período de validade e manutenção da qualidade dos produtos durante o armazenamento, em particular de carnes e derivados¹. O uso de antioxidantes pode prolongar a vida de prateleira da carne e seus produtos, mas a aplicação é regulamentada por uma ampla lista de requisitos e restrições². Os antioxidantes não devem ser mutagênicos, não podem exercer impactos negativos em indicadores organolépticos do produto, devem ser inofensivos, ter alta atividade contra microrganismos deteriorantes entre outros^{3,1}.

As tendências alimentares têm sua origem nas novas necessidades dos consumidores relacionadas à nutrição e à preocupação com a saúde³. Atualmente, os consumidores demandam produtos mais naturais, o que limita a indústria no uso de aditivos sintéticos em alimentos^{2,4}. Neste sentido, o uso de ingredientes naturais como extratos de compostos fenólicos de plantas (sementes, cascas, raízes, caules, flores e folhas) tem sido proposto como alternativas de antioxidantes naturais para prevenir oxidação de lipídios e proteínas nas carnes e produtos cárneos⁵.

Muitos dos antioxidantes naturais também exibem atividade antimicrobiana e, portanto, têm a vantagem de serem prontamente aceitos tanto pelos consumidores quanto pelos processadores de carne^{6,7}. No entanto, os agentes naturais costumam ser mais caros e menos eficazes do que os sintéticos⁷. Consequentemente, cada vez mais atenção é dada recentemente à extração de antioxidantes de subprodutos da indústria agroalimentar⁸.

Os lipídios que ocorrem naturalmente na carne crua, ou aqueles adicionados durante o processamento da carne, desempenham um papel importante na nutrição e no sabor dos alimentos^{4,9}. Por outro lado, a oxidação de lipídios e proteínas resultam na formação de dienos e aldeídos conjugados, entre outros compostos responsáveis por odores e sabores desagradáveis^{10,11}.

Portanto, o uso de antioxidantes é essencial para manter a qualidade e segurança alimentar da carne. O objetivo deste trabalho é descrever sobre o uso de antioxidantes de fontes naturais e seus principais efeitos em carnes e produtos cárneos, destacando sua importância na segurança alimentar e aceitação pelos consumidores.

TÓPICOS

Atributos de qualidade e estresse oxidativo da carne e produtos cárneos

A coloração avermelhada, frescor e ausência de odores desagradáveis são os principais atributos indicativos de qualidade da carne. A cor é uma característica psicofísica subjetiva, pois existe apenas nos olhos e no cérebro do observador (ou seja, não é uma característica própria do objeto em observação), que está associada ao frescor, sabor, maciez, segurança, tempo de armazenamento, valor nutricional e nível de satisfação¹². A mioglobina é a principal proteína responsável pela cor da carne fresca e, consequentemente, a descoloração da carne resulta da oxidação de ambos os derivados ferrosos da mioglobina em íon férrico^{13,14}. Neste contexto, a adição de extratos vegetais à carnes e formulação de carne pode conservar a cor das amostras porque atua prevenindo a oxidação da mioglobina⁵.

A deterioração dos produtos cárneos durante o processamento, distribuição e exposição nos mercados tem um impacto negativo importante na indústria da carne do ponto de vista econômico^{15,16}. Dois dos principais problemas da carne e dos produtos cárneos durante o processamento e armazenamento são a oxidação e a deterioração de lipídios e proteínas¹⁵.

O estresse oxidativo ocorre devido à geração descontrolada de espécies reativas de oxigênio (ERO) e espécies reativas de nitrogênio (ERN), que desencadeiam estresse oxidativo e/ou nitrosativo e danos macromoléculas, incluindo danos às frações lipídicas e proteicas¹⁷. Os lipídios dos alimentos são continuamente expostos a agentes oxidativos endógenos e ambientais, o que leva à degradação dos ácidos graxos e à geração de sabores estranhos e compostos potencialmente tóxicos⁹.

A carne e derivados são particularmente suscetíveis à oxidação lipídica devido à ocorrência de pró-oxidantes entre os componentes musculares (ferro heme) e a aplicação de tecnologias (tais redução do tamanho, aquecimento e salga) que promovem a exposição ao oxigênio (processamento) e a formação de ERO¹⁸. Além disso, as defesas antioxidantes endógenas colapsam parcialmente após o abate, facilitando o início de reações oxidativas durante o envelhecimento, processamento e armazenamento subsequentes^{16,18}.

Na carne fresca não processada, a oxidação do ferro heme e o acúmulo de metamioglobina são as principais causas de perda de qualidade (desenvolvimento de sabor estranho e descoloração) e rejeição do consumidor^{5,14}. Em produtos de carne processada, as principais consequências da degradação oxidativa de ácidos graxos insaturados são a percepção de ranço e sabores estranhos, juntamente com a notável perda de nutrientes essenciais (ácidos graxos e vitaminas)^{9,16}. Além disso, a ingestão de lipídios oxidados está relacionada à maior predisposição para o desenvolvimento de doenças inflamatórias, câncer, aterosclerose e envelhecimento²⁰.

Juntamente com o ferro heme e os lipídios, as proteínas da carne também são sensíveis à ação pró-oxidante de ERO e açúcares redutores^{16,19,21}. Neste sentido, a oxidação de proteínas também ganhou considerável interesse nos últimos anos devido ao impacto comprovado das proteínas oxidadas nas características de qualidade da carne, como maciez e capacidade de retenção de água^{21,22}. Além disso, a oxidação de proteínas reduz o conteúdo de aminoácidos essenciais e a qualidade nutricional da carne, e aminoácidos oxidados da dieta, como o ácido α -amino adípico, também interferem negativamente nos processos fisiológicos em células humanas cultivadas^{23,24}.

As perdas econômicas associadas a deterioração dos cernes e produtos cárneos, e as relações entre a ingestão de carne ou produtos cárneos oxidados e a saúde humana, enfatizam a necessidade de soluções antioxidantes para a indústria da carne. Paralelamente, um mercado consumidor cada vez mais exigente busca por produtos naturais e promotores da saúde, com agressões mínimas ao meio ambiente e a saúde humana. Em conjunto, estes fatores potencializam a procura e aplicação de antioxidantes naturais para a indústria da carne.

Principais fontes de antioxidantes naturais

Historicamente, a indústria de carnes conta com o uso de antioxidantes sintéticos como hidroxianisol butilado, hidroxitolueno butilado e galato de propila, bem como tocoferóis para prevenir a oxidação de lipídios e proteínas¹. No entanto, há uma tendência crescente de utilizar antioxidantes naturais como substitutos dos sintéticos, para atender ao mercado consumidor mais exigente em produtos naturais e mais saudáveis^{1,3}. O principal mecanismo de ação dos antioxidantes é sua reação com os radicais livres para formar produtos relativamente estáveis/não oxidantes. Dessa forma, os antioxidantes atrasam a oxidação dos lipídios das carnes, eliminando os radicais livres que são gerados na fase de iniciação, fase de propagação ou durante a degradação dos hidroperóxidos²⁵.

Vários óleos essenciais e extratos vegetais contêm grande quantidade de compostos com propriedades antioxidantes e são explorados como alternativas potenciais aos antioxidantes químicos na indústria da carne⁴. Os óleos essenciais derivados de plantas e especiarias têm ganhado importância como substitutos naturais de antioxidantes sintéticos porque eles fornecem rótulos “limpos”, que atendem às tendências do consumidor e são capazes de diminuir a taxa de deterioração dos alimentos, inibindo principalmente a oxidação lipídica²⁶. Esses compostos são

Geralmente Reconhecidos como seguros (GRAS) e sua aplicação única ou combinada com outros óleos essenciais, ingredientes ou tecnologias de conservação têm efeitos benéficos nos produtos cárneos²⁷.

Devido ao seu alto teor de compostos fenólicos, frutas e outros materiais vegetais oferecem boas alternativas de antioxidantes naturais. Ameixa, uva, romã, extrato de casca de pinheiro, alecrim, orégano e outras especiarias têm potencial como antioxidantes em carnes e produtos de carne^{1,28,29}. Várias partes de diferentes frutas, incluindo seus subprodutos como casca e sementes, têm sido usadas em produtos cárneos. A ameixa, por exemplo, tem sido usada como purê de ameixa, ameixa seca e extrato de ameixa. Outros exemplos incluem: casca de uva, semente, extratos de casca e bagaço de uva; pó de casca de romã e seu suco; e a maioria das frutas cítricas²⁸.

É importante mencionar que a romã, extrato de casca de pinheiro, canela e cravo exibiram propriedades antioxidantes mais fortes do que alguns dos antioxidantes sintéticos, usados atualmente pela indústria de carnes²⁹. Alguns desses ingredientes podem afetar a qualidade do produto e, conseqüentemente, a aceitação do produto pelo consumidor^{15,28,29}. Por exemplo, ameixa, extrato de semente de uva, extrato de casca de pinheiro e extrato de alecrim causaram mudanças de cor quando usados em alguns produtos de carne ou aves; ingredientes como especiarias e produtos de ameixa também afetam o sabor da carne tratada²⁹. Dependendo do produto, esses sabores podem ser vistos como negativos ou positivos. Portanto, ao selecionar um antioxidante natural para ser usado em carnes ou produtos de carnes, o impacto sensorial e de qualidade no produto deve ser considerado para atingir um produto com as características desejadas^{11,29}.

Obtenção de antioxidantes naturais e formas de aplicação

Sucos de frutos, condimentos, folhas e cascas de vegetais são exemplos de fontes de antioxidantes que podem e, muitas vezes, são aplicados diretamente em contato com as carnes para conservação²⁹. No entanto, na maioria dos casos é necessário realizar uma extração mais direta e especializada dos antioxidantes de suas fontes (ex.: extratos, óleos essenciais, pó etc.), para aumentar suas concentrações, garantir sua ação e possibilitar aplicações diversas^{11,30}.

As técnicas de obtenção de extratos de vegetais (frutas, sementes, cascas etc.) ricos em antioxidantes geralmente incluem métodos tradicionais, como maceração, extração Soxhlet, extração sólido-líquido e líquido-líquido¹¹. Recentemente, as técnicas convencionais têm sido amplamente utilizadas devido à sua simplicidade, eficiência e ampla aplicabilidade, embora as principais desvantagens tenham sido associadas a tempos de extração mais longos, consumo de grandes quantidades de solventes e maior risco de degradação térmica dos compostos sensíveis³¹. De acordo com Putnik et al. (2016)³², os fatores mais influentes na eficiência de extração são o solvente de extração, a relação líquido/sólido, o tempo e a temperatura.

O contato direto de substâncias antioxidantes com a carne tem maior poder de ação, entretanto, a exposição às condições ambientais, como luz intensa, oxigênio, pH e temperatura elevados, podem precipitar a inativação de sua capacidade antioxidante³⁰. Neste sentido, há um aumento no número de abordagens que exploram os efeitos benéficos dos antioxidantes, como embalagens ativas e recobrimentos/filmes comestíveis, evitando os concomitantes da mistura com o produto cárneo, sua desestabilização e os efeitos comercialmente indesejáveis nas características de qualidade da carne^{33,34,35}. Além disso, essas tecnologias melhoram a relação custo-benefício da adição de antioxidantes naturais em sistemas de carne devido à redução nas

quantidades de antioxidantes necessárias e a capacidade de evitar a prática questionável de incorporar antioxidantes no produto cárneo^{34,35}.

Um dos principais fatores a se considerar é a concentração mínima eficaz do ingrediente antioxidante. Muitos dos materiais vegetais que contêm compostos antioxidantes também são altamente pigmentados e/ou odoríferos¹. Portanto, deve-se ter cuidado para garantir que a concentração necessária desses ingredientes, capaz de inibir o crescimento microbiano e manter a qualidade por certo período de tempo, não tenha um impacto negativo ou enganoso na aparência visual ou nas propriedades sensoriais do produto cárneo fresco ou cozido^{1,29}.

A concentração ideal de um antioxidante natural varia de acordo com o tipo de ingrediente (fonte de antioxidante), a concentração dos constituintes antioxidantes na forma inteira ou no extrato e a potência desses compostos. Por exemplo, quando temperos são adicionados à carne moída cozida como antioxidante, temperos antioxidantes mais potentes como o cravo têm um nível de uso ideal de 0,1%¹, enquanto o nível ideal de especiarias de potência intermediária, como pimenta preta, pimenta em pó, canela, coentro, cominho, erva-doce e gengibre é de aproximadamente 0,5% na carne moída cozida³⁶.

Aplicações recentes de antioxidantes naturais em carnes e produtos cárneos

Muitos antioxidantes naturais, como extratos de alecrim e especiarias, foram testados e considerados como mais ativos do que os antioxidantes sintéticos, mas a aplicação desses compostos em alimentos precisa ser melhor explorada²⁹. A casca do amendoim, por exemplo, um subproduto do processamento do amendoim nas agroindústrias, constitui uma fonte de antioxidantes naturais, principalmente de proantocianidinas, que estão associados à atividade antioxidante *in vitro* e desempenha um papel protetor contra a oxidação de pigmentos, lipídios e proteínas em carnes e produtos cárneos¹¹. Na Tabela 1 podemos observar uma descrição resumida dos principais efeitos de extratos vegetais como antioxidantes naturais em carnes e produtos cárneos.

De maneira geral, os antioxidantes naturais são capazes de reduzir a oxidação da cor, reduzir a oxidação de lipídios e proteínas e manteve a qualidade sensorial de carnes e produtos cárneos em diferentes condições de armazenamento (Tabela 1). Estes benefícios resultam em maior vida de prateleira dos produtos e previne desperdícios e perdas econômicas, além de contribuir para uma maior segurança alimentar e saúde em geral. O uso de casca, frutos e/ou folhas da algaroba e outras plantas do gênero *Prosopis*, por exemplo, possuem propriedades bioativas, incluindo ações antifúngicas, antimicrobianas, antitumorais, anti-inflamatórias e antioxidantes^{5,37}. Estas propriedades são atribuídas principalmente ao seu conteúdo de fitoquímicos³⁷.

Os óleos essenciais e extratos vegetais também apresentam atividade biológica contra microrganismos de deterioração das carnes, como *Pseudomonas spp.* e *Enterobacteriaceae*, no entanto, sua atividade contra bactérias Gram-negativas parece ser maior do que contra bactérias Gram-positivas³⁸. Neste sentido, é importante mencionar que a atividade destes antioxidantes e antimicrobianos depende de vários fatores, incluindo suas concentrações, seus possíveis efeitos sinérgicos e o método de extração usado para obtê-los³⁹.

Avaliando-se em conjunto, a atividade antioxidante dos extratos obtidos de plantas é amplamente conhecida e associada ao teor de polifenóis, como ácido hidroxícinnâmico, antocianina, tanino e flavonoides, que possuem a capacidade de atuar como sequestrador de radicais livres e quelante de metais iônicos⁸. Suas aplicações na

indústria de carne vêm crescendo muito nos últimos anos, substituindo o uso de antioxidantes sintéticos. Eles são mais seguros, inibem a oxidação de lipídios, proteínas e da cor, retarda a degradação microbiana e despertam o interesse de consumidores mais atentos com as tendências de alimentação natural e de saúde.

Tabela 1. Uso de extratos vegetais como antioxidantes naturais em carnes e produtos cárneos.

Extrato vegetal	Carne / produto à base de carne	Dose aplicada	Condições de armazenamento	Principais efeitos	Referência
Pimenta preta	Porco fresco	0,1 e 0,5% (v/v)	9 dias a 4 °C	Reduziu a oxidação da cor, a oxidação de lipídios e proteínas	Zhang et al., 2016
Mistura de óleos essenciais	Pepitas de carneiro	0,25, 0,50 e 0,75%	30 dias a 4 °C	Reduziu a oxidação de lipídios e manteve a qualidade sensorial	Jayawardana et al., 2019
Semente de guaraná	Hambúrgues de porco	250, 500 e 1000 mg/kg	18 dias a 2 °C	Reduziu a oxidação da cor, reduziu a oxidação de lipídios e proteínas	Carvalho et al., 2019
	Hambúrgues de cordeiro	250 mg/kg	18 dias a 2 °C	Reduziu a oxidação da cor, reduziu a oxidação de lipídios e proteínas	Domínguez et al., 2018
Folhas de mesquite	Hambúrgues de porco	0,05 e 0,1%	10 dias a 4 °C	Reduziu a oxidação de lipídios, reduziu a oxidação da cor	Ramírez-Rojo et al., 2019
Folha de pitanga	Hambúrgues de porco	250, 500 e 1000 mg/kg	18 dias a 2 °C	Reduziu a oxidação da cor, reduziu a oxidação de lipídios e proteínas	Lorenzo et al., 2018
Flor de <i>Moringa oleifera</i>	Nuggets de carne de frango	1 e 2%	20 dias a 4 °C	Reduziu a oxidação da cor, reduziu a oxidação de lipídios, manteve a qualidade sensorial	Madane et al., 2019 ⁴¹
Chá verde	Fiambre cozido fatiado	1%	21 dias a 2 °C	Reduziu a oxidação da cor	Pateiro et al., 2019
Orégano	Hambúrguer de cordeiro	3,32, 17,79 e 24,01 mL/kg	120 dias a -18 °C	Reduziu a oxidação de lipídios, reduziu a oxidação da cor	Pateiro et al., 2018
	Fiambre cozido fatiado	1%	21 dias a 2 °C	Manteve a qualidade sensorial	Pateiro et al., 2019
Salva (<i>Salvia</i>)	Linguiça de porco	0,05, 0,075 e	8 dias a 3 °C	Reduziu a oxidação de lipídios, manteve a qualidade sensorial	Šojić et al., 2018

officinali fresca 0,1
s) mL/g

CONCLUSÕES

Os antioxidantes são adicionados a diferentes produtos de carne para prevenir a oxidação de lipídios, retardar o desenvolvimento de sabores estranhos e melhorar a estabilidade da cor. Na indústria de alimentos, eles podem ser divididos em antioxidantes naturais e sintéticos. Os antioxidantes de fontes naturais (óleos essenciais, polifenóis, fenólicos, terpenos, taninos etc.) estão substituindo, aos poucos, os antioxidantes sintéticos por causa das consequências negativas para a saúde ou crenças a respeito de alguns antioxidantes sintéticos. Frutas, vegetais, subprodutos e outros materiais vegetais fornecem boas alternativas de antioxidantes naturais com grande potencial de aplicação em carnes. Estes antioxidantes naturais são capazes de reduzir a oxidação da cor, a oxidação de lipídios e proteínas e manteve a qualidade sensorial de carnes e produtos cárneos em diferentes condições de armazenamento. Também podem afetar outros atributos de qualidade, positiva ou negativamente, e em última análise, afetar a aceitação do produto pelos consumidores. Portanto, a aplicação segura e eficiente destes antioxidantes demanda conhecimento técnico e cuidados específicos, sobretudo para assegurar a manutenção da qualidade física e química das carnes sem prejudicar a qualidade sensorial.

REFERÊNCIAS

1. Oswell, Natalie J., et al. "Practical Use of Natural Antioxidants in Meat Products in the U.S.: A Review." *Meat Science*, vol. 145, Nov. 2018, pp. 469–479, <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2018.07.020>. Accessed 12 May 2019.
2. Lorenzo, Jose M., et al. "Main Characteristics of Peanut Skin and Its Role for the Preservation of Meat Products." *Trends in Food Science & Technology*, vol. 77, July 2018, pp. 1–10, <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2018.04.007>. Accessed 18 May 2021.
3. Fernando, Francisco, et al. "Effect of Guarana (*Paullinia Cupana*) Seed and Pitanga (*Eugenia Uniflora* L.) Leaf Extracts on Lamb Burgers with Fat Replacement by Chia Oil Emulsion during Shelf Life Storage at 2 °C." *Food Research International*, vol. 125, 1 Nov. 2019, pp. 108554–108554, <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2019.108554>. Accessed 1 May 2023.
4. Pateiro, Mirian, et al. "Essential Oils as Natural Additives to Prevent Oxidation Reactions in Meat and Meat Products: A Review." *Food Research International*, vol. 113, Nov. 2018, pp. 156–166, <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.07.014>.
5. Ramírez-Rojo, Margarita Irene, et al. "Inclusion of Ethanol Extract of Mesquite Leaves to Enhance the Oxidative Stability of Pork Patties." *Foods*, vol. 8, no. 12, 2 Dec. 2019, p. 631, <https://doi.org/10.3390/foods8120631>. Accessed 19 Feb. 2023.

6. Jayawardana, Barana C., et al. “Black and Green Tea (*Camellia Sinensis* L.) Extracts as Natural Antioxidants in Uncured Pork Sausages.” *Journal of Food Processing and Preservation*, vol. 43, no. 2, 1 Jan. 2019, p. e13870, <https://doi.org/10.1111/jfpp.13870>. Accessed 6 Apr. 2022.
7. Šojić, Branislav, et al. “The Effect of Essential Oil and Extract from Sage (*Salvia Officinalis* L.) Herbal Dust (Food Industry By-Product) on the Oxidative and Microbiological Stability of Fresh Pork Sausages.” *LWT*, vol. 89, 1 Mar. 2018, pp. 749–755, www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0023643817308745?via%3Dihub, <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2017.11.055>. Accessed 22 Dec. 2020.
8. Lorenzo, José M., et al. “Extension of the Shelf-Life of Foal Meat with Two Antioxidant Active Packaging Systems.” *LWT - Food Science and Technology*, vol. 59, no. 1, Nov. 2014, pp. 181–188, <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2014.04.061>.
9. Domínguez, Rubén, et al. “A Comprehensive Review on Lipid Oxidation in Meat and Meat Products.” *Antioxidants*, vol. 8, no. 10, 25 Sept. 2019, p. 429, www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6827023/, <https://doi.org/10.3390/antiox8100429>.
10. Bermúdez, Roberto, et al. “Influence of Type of Muscle on Volatile Compounds throughout the Manufacture of Celta Dry-Cured Ham.” *Food Science and Technology International*, vol. 21, no. 8, 20 Oct. 2014, pp. 581–592, <https://doi.org/10.1177/1082013214554935>. Accessed 12 Feb. 2024.
11. Lorenzo, José M, et al. “Effect of Commercial Starter Cultures on Volatile Compound Profile and Sensory Characteristics of Dry-Cured Foal Sausage.” *Journal of the Science of Food and Agriculture*, vol. 96, no. 4, 27 Apr. 2015, pp. 1194–1201, <https://doi.org/10.1002/jsfa.7203>. Accessed 27 Feb. 2020.
12. Tomasevic, Igor, et al. “Evaluation of poultry meat colour using computer vision system and colourimeter: Is there a difference?.” *British Food Journal*, v. 121, n. 5, p. 1078-1087, 2019.
13. Bekhit, A.E.D., and C. Faustman. “Metmyoglobin Reducing Activity.” *Meat Science*, vol. 71, no. 3, Nov. 2005, pp. 407–439, <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2005.04.032>.
14. Faustman, Cameron, et al. “Myoglobin and Lipid Oxidation Interactions: Mechanistic Bases and Control.” *Meat Science*, vol. 86, no. 1, 1 Sept. 2010, pp. 86–94, www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0309174010001579?via%3Dihub, <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2010.04.025>.
15. Domínguez, Rubén, et al. “Active Packaging Films with Natural Antioxidants to Be Used in Meat Industry: A Review.” *Food Research International*, vol. 113, Nov.

- 2018, pp. 93–101, <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.06.073>.
16. Estévez, M. “Critical Overview of the Use of Plant Antioxidants in the Meat Industry: Opportunities, Innovative Applications and Future Perspectives.” *Meat Science*, vol. 181, Nov. 2021, p. 108610, <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2021.108610>.
 17. Falowo, Andrew B., et al. “Natural Antioxidants against Lipid–Protein Oxidative Deterioration in Meat and Meat Products: A Review.” *Food Research International*, vol. 64, Oct. 2014, pp. 171–181, www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0963996914004177, <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2014.06.022>.
 18. Bekhit, Alaa El-Din A., et al. “Oxidative Processes in Muscle Systems and Fresh Meat: Sources, Markers, and Remedies.” *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, vol. 12, no. 5, Sept. 2013, pp. 565–597, <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12027>. Accessed 31 May 2020.
 19. Carolina Julià Luna, and Marta Suely Madruga. *Oxidative Damage to Food and Human Serum Proteins: Radical-Mediated Oxidation vs. Glyco-Oxidation*. Vol. 267, 1 Nov. 2018, pp. 111–118, <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.06.154>. Accessed 11 July 2023.
 20. Vieira, Samantha A., et al. “Biological Implications of Lipid Oxidation Products.” *Journal of the American Oil Chemists’ Society*, vol. 94, no. 3, 13 Feb. 2017, pp. 339–351, <https://doi.org/10.1007/s11746-017-2958-2>.
 21. Soladoye, O.P., et al. “Protein Oxidation in Processed Meat: Mechanisms and Potential Implications on Human Health.” *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, vol. 14, no. 2, 9 Feb. 2015, pp. 106–122, <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12127>. Accessed 13 Apr. 2019.
 22. Zhang, Wangang, et al. “Protein Oxidation: Basic Principles and Implications for Meat Quality.” *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, vol. 53, no. 11, 2013, pp. 1191–201, www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24007423, <https://doi.org/10.1080/10408398.2011.577540>.
 23. S. Díaz-Velasco, et al. “Noxious Effects of Selected Food-Occurring Oxidized Amino Acids on Differentiated CACO-2 Intestinal Human Cells.” *Food and Chemical Toxicology*, vol. 144, 1 Oct. 2020, pp. 111650–111650, pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32745570/, <https://doi.org/10.1016/j.fct.2020.111650>. Accessed 8 Aug. 2024.
 24. Matias Estaras, et al. “The Lysine Derivative Amino adipic Acid, a Biomarker of Protein Oxidation and Diabetes-Risk, Induces Production of Reactive Oxygen Species and Impairs Trypsin Secretion in Mouse Pancreatic Acinar Cells.” *Food and Chemical Toxicology*, vol. 145, 1 Nov. 2020, pp. 111594–111594,

pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32738373/, <https://doi.org/10.1016/j.fct.2020.111594>.
Accessed 8 Aug. 2024.

25. Kumar, Yogesh, et al. “Recent Trends in the Use of Natural Antioxidants for Meat and Meat Products.” *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, vol. 14, no. 6, 21 Aug. 2015, pp. 796–812, <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12156>.
26. Cardoso-Ugarte, Gabriel Abraham, and María Elena Sosa-Morales. “Essential Oils from Herbs and Spices as Natural Antioxidants: Diversity of Promising Food Applications in the Past Decade.” *Food Reviews International*, 18 Jan. 2021, pp. 1–31, <https://doi.org/10.1080/87559129.2021.1872084>.
27. Pateiro, Miriam. “Antioxidant Active Packaging Systems to Extend the Shelf Life of Sliced Cooked Ham.” *Current Research in Food Science*, vol. 1, 1 Nov. 2019, pp. 24–30, www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2665927119300085, <https://doi.org/10.1016/j.crf.2019.10.002>. Accessed 19 Oct. 2020.
28. Ahmad, S. R., et al. “Fruit-Based Natural Antioxidants in Meat and Meat Products: A Review.” *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, vol. 55, no. 11, 17 Oct. 2013, pp. 1503–1513, <https://doi.org/10.1080/10408398.2012.701674>.
29. Karre, Liz, et al. “Natural Antioxidants in Meat and Poultry Products.” *Meat Science*, vol. 94, no. 2, June 2013, pp. 220–227, <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2013.01.007>.
30. Cunha, Leda C. M., et al. “Natural Antioxidants in Processing and Storage Stability of Sheep and Goat Meat Products.” *Food Research International*, vol. 111, 1 Sept. 2018, pp. 379–390, www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0963996918304095, <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.05.041>.
31. Ignat, Ioana, et al. “A Critical Review of Methods for Characterisation of Polyphenolic Compounds in Fruits and Vegetables.” *Food Chemistry*, vol. 126, no. 4, June 2011, pp. 1821–1835, www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0308814610016353, <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2010.12.026>.
32. Predrag, Putnik, et al. “Influence of acidity and extraction time on the recovery of flavonoids from grape skin pomace optimized by response surface methodology.” *Chemical and Biochemical Engineering Quarterly*, v. 30, n. 4, p. 455-464, 2016.
33. Manassis, Georgios, et al. “Plant-Derived Natural Antioxidants in Meat and Meat Products.” *Antioxidants*, vol. 9, no. 12, 2 Dec. 2020, p. 1215, <https://doi.org/10.3390/antiox9121215>.
34. Ahmed, Ishfaq, et al. “A Comprehensive Review on the Application of Active Packaging Technologies to Muscle Foods.” *Food Control*, vol. 82, Dec. 2017,

- pp. 163–178, <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2017.06.009>.
35. Ganiari, Sophie, et al. “Edible and Active Films and Coatings as Carriers of Natural Antioxidants for Lipid Food.” *Trends in Food Science & Technology*, vol. 68, Oct. 2017, pp. 70–82, <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2017.08.009>.
36. Dwivedi, Saumya, et al. “Evaluation of Antioxidant Effects and Sensory Attributes of Chinese 5-Spice Ingredients in Cooked Ground Beef.” *Journal of Food Science*, vol. 71, no. 1, 31 May 2006, pp. C12–C17, <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2006.tb12381.x>. Accessed 20 May 2021.
37. Dan, Prabha, et al. “Pharmacological potentials of phenolic compounds from *Prosopis spp.-a*.” *J coast life med*, v. 2, p. 918-924, 2014.
38. Zhang, Jing, et al. “Effect of Black Pepper Essential Oil on the Quality of Fresh Pork during Storage.” *Meat Science*, vol. 117, July 2016, pp. 130–136, <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2016.03.002>.
39. Pateiro, Mirian, et al. “Changes on Physico-Chemical Properties, Lipid Oxidation and Volatile Compounds during the Manufacture of Celta Dry-Cured Loin.” *Journal of Food Science and Technology*, vol. 52, no. 8, 1 Aug. 2015, pp. 4808–4818, <https://doi.org/10.1007/s13197-014-1561-x>. Accessed 30 Apr. 2023.
40. Madane, et al. “Drumstick (*Moringa Oleifera*) Flower as an Antioxidant Dietary Fibre in Chicken Meat Nuggets.” *Foods*, vol. 8, no. 8, 1 Aug. 2019, p. 307, <https://doi.org/10.3390/foods8080307>. Accessed 1 Oct. 2019.