

DOI: <http://dx.doi.org/10.18265/1517-0306a2021id5772>

ARTIGO ORIGINAL

Antioxidantes naturais aplicados em produtos à base de carne bovina: uma alternativa promissora

SUBMETIDO 13/04/2021

APROVADO 09/06/2021

PUBLICADO ON-LINE 22/08/2021

PUBLICADO 30/12/2022

EDITORA ASSOCIADA
Dalany Menezes Oliveira

 Luana Carolina Martins Rosa ^[1] *

 Paula Toshimi Matumoto Pinto ^[2]

[1] luana.cmrosa@gmail.com

[2] ptmpintro@uem.br

Departamento de Agronomia, Universidade Estadual de Maringá (UEM), Brasil

RESUMO: A carne é um dos alimentos mais consumidos na dieta humana por ser rica em nutrientes. Sua composição e as etapas de processamento fazem com que se torne mais suscetível ao processo de oxidação e, conseqüentemente, a uma diminuição da qualidade, por provocar mudanças nas características sensoriais da carne e de seus derivados. Isso afeta a aceitabilidade por parte do consumidor e também traz riscos à saúde humana, pois a formação e o consumo dos radicais livres causam danos ao organismo. Com isso, a adição de antioxidante é uma prática realizada pela indústria de alimentos, com a finalidade de preservar o produto e estender seu tempo de prateleira; no entanto, os antioxidantes sintéticos comumente utilizados são considerados tóxicos. Atualmente as pesquisas vêm buscando alternativas naturais para a substituição desses aditivos. Dessa forma, esta revisão tem por objetivo mostrar alternativas naturais com alto potencial antioxidante que podem ser aplicadas em produtos cárneos e em embalagens ativas desses produtos.

Palavras-chave: carne moída; compostos fenólicos; hambúrguer; oxidação lipídica; qualidade.

Natural antioxidants applied to beef-based products: a promising alternative

ABSTRACT: Meat is one of most consumed foods in human diet because it is rich in nutrients. Composition and processing steps make it more susceptible to oxidation process and, consequently, to quality decrease, causing changes in meat and its derivatives sensory characteristics. This affects consumer acceptability and can be a risk to human health, as formation and consumption of free radicals cause body damage. Addition of antioxidants is a common practice performed by food industry to preserve the product and extend its shelf life. However, commonly used synthetic antioxidants are considered toxic. Research is currently looking for natural alternatives to replace these additives. Thus, this review aims to show natural alternatives with antioxidant potential

*Autor para correspondência.

that can be applied to meat products and their active packaging.

Keywords: *lipid oxidation; meat products; quality; phenolic compounds.*

1 Introdução

A carne é um dos principais alimentos consumidos pelo homem e contém em sua composição proteínas, aminoácidos, lipídios, ácidos graxos e minerais. A própria carne contém compostos que contribuem para que não ocorram reações de oxidação e deterioração: peptídeos bioativos como dipeptídeos, L-carnitina, carnosina, anserina, glutatona, taurina e creatina. Por ser rica em nutrientes e armazenada entre 2 °C e 5 °C, apresenta uma baixa estabilidade, tornando-se mais suscetível à deterioração química e microbiológica (ANTONINI *et al.*, 2020; KIM *et al.*, 2013; NISA *et al.*, 2015; RIBEIRO *et al.*, 2019; SHAH; BOSCO; MIR, 2014; SHAHEEN *et al.*, 2016; WÓJCIAK *et al.*, 2018; YU; AHMEDNA; GOKTEPE, 2010). Consequentemente, essa deterioração resulta na diminuição da qualidade e do prazo de validade da carne e de seus derivados.

Os produtos cárneos também podem passar por um processo de escurecimento prematuro por causa da oxidação. O alto teor de gordura e as etapas de corte, cozimento, armazenamento e reaquecimento também contribuem para a oxidação e deterioração do alimento (AHMAD *et al.*, 2015; AMANY; SHAKER; ABEER, 2012; GONZALEZ *et al.*, 2008). Isso se torna um problema para a indústria de alimentos, que vem inserindo no mercado cada vez mais produtos cárneos pré-cozidos, a fim de oferecer praticidade ao consumidor (AHN; GRU; MUSTAPHA, 2007; GONZALEZ *et al.*, 2008; NISA *et al.*, 2015).

A oxidação é uma deterioração química que ocorre ao longo do armazenamento e processamento do alimento. Promove diminuição da qualidade, mudanças no valor nutricional e nas características sensoriais, como cor, sabor, odor e textura, além de reduzir o prazo de validade do produto (AHMAD *et al.*, 2015; AZIZ; KARBOUNE, 2018; RIBEIRO *et al.*, 2019). Durante a oxidação ocorre a liberação de aldeídos, cetonas e ésteres, que ocasionam a coloração marrom, o odor e o sabor de ranço na carne, influenciando na aceitabilidade pelo consumidor (AMANY; SHAKER; ABEER, 2012; KIM *et al.*, 2013; RIBEIRO *et al.*, 2019; VU *et al.*, 2018).

Os radicais livres são instáveis e responsáveis pelas reações de oxidação, criando espécies reativas de oxigênio que interagem, principalmente, com lipídios e proteínas da carne (RIBEIRO *et al.*, 2019). A oxidação de proteínas – mioglobina e hemoglobina – e a formação de metamioglobina causam a alteração na cor da carne fresca: do vermelho para o marrom. Já a oxidação lipídica ocorre, sobretudo, em produtos cárneos após o cozimento, pois as altas temperaturas promovem a aceleração das reações de oxidação, que se mantêm mesmo após o resfriamento (ISMAIL *et al.*, 2008; YU; AHMEDNA; GOKTEPE, 2010). O processo de oxidação é influenciado tanto por fatores intrínsecos – como saturação lipídica, atividade enzimática, concentração de antioxidantes e pigmentos do grupo heme – quanto por fatores extrínsecos – como tempo, pH, armazenamento, temperatura, luminosidade e embalagem (PROMMACHART; SAKOMOTO; URIYAPONGSON, 2020; WÓJCIAK *et al.*, 2018; YU; AHMEDNA; GOKTEPE, 2010).

A literatura relata poucos trabalhos sobre lipídios e proteínas oxidados provenientes dos alimentos e suas implicações fisiopatológicas. Tais trabalhos evidenciam a exposição

do organismo, principalmente do sistema digestório, a essas espécies reativas e agentes oxidantes que contribuem para agravar o estresse oxidativo por causar danos a proteínas e ao material genético, devido ao potencial citotóxico e mutagênico (ESTÉVEZ; LUNA, 2017; SOLADOYE *et al.*, 2015; YU; AHMEDNA; GOKTEPE, 2010). A oxidação biológica ocorre tanto no organismo animal vivo quanto em seus produtos e derivados e se acumula ao longo do envelhecimento (FERRARI, 1998; YAHAYA *et al.*, 2019). Com isso, os antioxidantes são empregados para reduzir ou inibir a oxidação e, conseqüentemente, preservar a qualidade da carne e garantir segurança ao consumidor. Os compostos antioxidantes agem inibindo a formação dos radicais livres, interrompendo a propagação desses radicais por meio da decomposição dos peróxidos e da diminuição da concentração de oxigênio e de catalisadores (AZIZ; KARBOUNE, 2018; SHAH; BOSCO; MIR, 2014).

Diferentes métodos são utilizados para prolongar a vida útil, eliminar microrganismos e diminuir a oxidação dos produtos: por exemplo, o tratamento de alta pressão, tratamentos térmicos, conservas, irradiação, aditivos, reformulações e embalagens inteligentes (ISMAIL *et al.*, 2008; NISA *et al.*, 2015). O mais utilizado pela indústria são os antioxidantes sintéticos que apresentam baixo custo e maior estabilidade, como o hidroxianisol butilado (BHA, do inglês *butylated hydroxyanisole*), o hidroxitolueno butilado (BHT, do inglês *butylated hydroxytoluene*), nitritos e nitratos. No entanto, esses antioxidantes são considerados potencialmente perigosos devido à sua toxicidade e por causarem reações adversas ao consumidor. Estudos alertam sobre o risco do uso desses aditivos sintéticos devido ao potencial de serem carcinogênicos, mutagênicos e alergênicos (AHMAD *et al.*, 2015; AMANY; SHAKER; ABEER, 2012; AZIZ; KARBOUNE, 2018; KIM; CHO; HAN, 2013; RIBEIRO *et al.*, 2019; SHAH; BOSCO; MIR, 2014; YU; AHMEDNA; GOKTEPE, 2010).

Atualmente, as pesquisas buscam alternativas naturais para a substituição dos aditivos sintéticos utilizados pela indústria de alimentos, uma vez que compostos naturais são amplamente aceitos pela população, apresentam baixa toxicidade e trazem benefícios à saúde humana. Entre as possibilidades seguras e eficazes, têm-se os óleos essenciais, os extratos aquosos de frutas, a quitosana e os peptídeos bioativos, que demonstram ter propriedades antioxidantes e antimicrobianas (AHMAD *et al.*, 2015; AMANY; SHAKER; ABEER, 2012; BEKHIT *et al.*, 2003; CHOE *et al.*, 2020; RIBEIRO *et al.*, 2019; SHAHEEN *et al.*, 2016; YU; AHMEDNA; GOKTEPE, 2010).

A inclusão de ingredientes antimicrobianos ou antioxidantes naturais na dieta humana pode proteger os componentes celulares contra as espécies reativas de oxigênio (ROS, do inglês *reactive oxygen species*), aprimorar o perfil nutricional do alimento e desempenhar um papel fundamental na promoção da saúde, trazendo diversos benefícios (AHMAD *et al.*, 2015; REALINI *et al.*, 2015). O desafio enfrentado pela indústria de produtos cárneos, atualmente, é o desenvolvimento de novos produtos com compostos naturais para melhorar a qualidade e o perfil de ácidos graxos e que contenham propriedades funcionais, promovendo um consumo de produtos mais saudáveis e equilibrados, ricos em antioxidantes capazes de controlar a oxidação do alimento durante o armazenamento e a digestão gastrointestinal.

Nos organismos, os antioxidantes são capazes de reduzir os danos oxidativos e prevenir o desenvolvimento de doenças crônicas que estão associadas ao alto consumo de carne vermelha e processada (ANTONINI *et al.*, 2020; URQUIAGA *et al.*, 2018; VAN HECKE *et al.*, 2017).

Considerando que as características sensoriais da carne impactam diretamente a aceitabilidade pelo consumidor que este está à procura de hábitos mais saudáveis, o objetivo desta revisão foi apresentar a utilização de compostos naturais, provenientes de

frutas e vegetais, com ação antioxidante em produtos cárneos, sua metodologia e possíveis aplicações. Diante do exposto, será apresentado na sequência um referencial teórico sobre os antioxidantes naturais, seguido pela descrição das metodologias empregadas para obtenção dos compostos e avaliação da ação antioxidante. Em seguida, será mostrada a aplicação dos antioxidantes naturais em produtos cárneos e em embalagens e, por fim, as conclusões do estudo.

2 Antioxidantes naturais

As plantas contêm alto teor de nutrientes, são ricas em fibras e em compostos bioativos com propriedades antimicrobianas e antioxidantes; dessa forma, auxiliam a medicina ao prevenir doenças crônicas. Também podem ser aplicadas na indústria como aditivos alimentares (ABDELDAIEM; HODA, 2012; HORBAŃCZUK *et al.*, 2019; HSOUNA *et al.*, 2017; KIM; CHO; HAN, 2013). Esses biopreservadores contribuem no aumento do prazo de validade, na qualidade e na preservação das características sensoriais do alimento. Por isso, diferentes compostos de origem vegetal vêm sendo avaliados para que possam ser aplicados em produtos cárneos, com o objetivo de garantir a qualidade e reduzir a deterioração do alimento (KRISHNAN *et al.*, 2014; RIBEIRO *et al.*, 2019; SHAH; BOSCO; MIR, 2014).

Os extratos obtidos de frutas, legumes, ervas e especiarias são ricos em compostos fenólicos, como ácidos fenólicos, flavonoides e taninos. Tais compostos podem ser extraídos das folhas, raízes, caules, frutas, sementes e cascas – em geral, subprodutos da indústria agrícola –, que apresentam ação antioxidante, anticarcinogênica, antimicrobiana, antimutagênica e anti-inflamatória (AMANY; SHAKER; ABEER, 2012; KRISHNAN *et al.*, 2014; SADEGHINEJAD *et al.*, 2019; SHAH; BOSCO; MIR, 2014). A atividade antioxidante desses compostos está relacionada ao grupo de hidroxila ligado ao anel aromático e a sua capacidade de atuar como agentes redutores, doando elétrons e neutralizando os radicais livres, sendo que são considerados mais eficazes aqueles compostos que possuem mais do que dois grupos de hidroxila (AHMAD *et al.*, 2015; KIM; CHO; HAN, 2013; KRISHNAN *et al.*, 2014).

Além dos compostos fenólicos, as plantas podem apresentar outras substâncias – como ácido ascórbico, carotenoides e clorofila – que também apresentam ação antioxidante (KIM *et al.*, 2013). O papel do antioxidante está na prevenção da autooxidação e inibição da formação dos radicais livres. O mecanismo mais eficaz é aquele capaz de interromper a cadeia de reação dos radicais livres, atuando na captura e eliminação desses radicais e agindo sobre o processo de autooxidação (AZIZ; KARBOUNE, 2018).

Uma forma de aumentar a quantidade de antioxidantes na dieta humana é adicionando esses compostos naturais aos alimentos ou inserindo-os na nutrição animal, que transfere essas substâncias para a carne. Para preservar a qualidade do produto, uma alternativa também promissora é a incorporação dessas substâncias em embalagens inteligentes (AMANY; SHAKER; ABEER, 2012; AZIZ; KARBOUNE, 2018; FASSEAS *et al.*, 2008; HORBAŃCZUK *et al.*, 2019; RIBEIRO *et al.*, 2019). Além de retardar a deterioração química, esses compostos enriquecem os produtos à base de carne, aumentam o prazo de validade e garantem segurança e qualidade para o consumidor (AHMAD *et al.*, 2015; KIM; CHO; HAN, 2013).

A aplicação de compostos naturais ainda é limitada pela indústria por estes apresentarem baixa estabilidade e, dependendo da concentração, afetarem as características sensoriais do alimento; além disso, a adição de alguns extratos vegetais altera a cor de produtos cárneos. Diante disso, é necessário otimizar os processos,

a fim de obter os efeitos desejáveis e os benefícios de interesse (ALMEIDA *et al.*, 2015; CALDERÓN-OLIVER; LÓPEZ-HERNANDEZ, 2022; COŞKUN *et al.*, 2014). A utilização de compostos naturais costuma ser mais cara e menos eficaz, por isso é importante encontrar métodos de extração que garantam alto rendimento, substâncias capazes de resistir às etapas de processamento e que apresentem grande disponibilidade. Uma fonte com bom custo-benefício são os compostos obtidos a partir de resíduos industriais como cascas e sementes ricas em polifenóis (ABDELDAIEM; HODA, 2012; ANTONINI *et al.*, 2020; HUANG *et al.*, 2011; KIM *et al.*, 2013; MANSOUR; KHALIL, 2000; SADEGHINEJAD *et al.*, 2019).

A utilização de folhas de segurelha (*Satureja hortensis*) (AKSU; ÖZER, 2013), folhas de fatsia e chamnamul (KIM; CHO; HAN, 2013), butterbur e brócolis (KIM *et al.*, 2013), casca de amendoim (YU; AHMEDNA; GOKTEPE, 2010), pistache (SADEGHINEJAD *et al.*, 2019), acerola (REALINI *et al.*, 2015), sementes de tâmaras (AMANY; SHAKER; ABEER, 2012), arroz preto (PROMMACHART; SAKOMOTO; URIYAPONGSON, 2020), semente de chia e purê de goji berry (ANTONINI *et al.*, 2020), óleo essencial de tomilho e cravo (ZENGIN; BAYSAL, 2015), orégano e sálvia (FASSEAS *et al.*, 2008), rizoma de gengibre, casca de batata e semente de feno grego (MANSOUR; KHALIL, 2000) vem demonstrando ser uma boa fonte natural, principalmente, de compostos fenólicos com ação antioxidante e antimicrobiana na indústria de alimentos (Quadro 1).

Quadro 1 ▼

Antioxidantes naturais em carne bovina e produtos cárneos, dose/concentração, temperatura e tempo de armazenamento.

Fonte: dados da pesquisa

Fonte do antioxidante	Quantidade adicionada	Tipo de carne	Temperatura de armazenamento (°C)	Tempo de armazenamento (dias)	Referência
Segurelha	100, 250 e 500 ppm	Carne moída	4	3	AKSU; ÖZER, 2013
Orégano e sálvia	3%	Carne moída	4	12	FASSEAS <i>et al.</i> , 2008
Casca de amendoim	0,02, 0,04, 0,06, 0,08 e 0,1%	Carne moída	4	12	YU; AHMEDNA; GOKTEPE, 2010
Sementes de tâmaras	0,5, 0,75 e 1%	Carne moída	0	10	AMANY; SHAKER; ABEER, 2012
Tomilho e cravo	1%	Carne moída	4	9	ZENGIN; BAYSAL, 2015
Limão	0,06 e 0,312%	Carne moída	4	10	HSOUNA <i>et al.</i> , 2017
Batata, gengibre e feno-grego	500 e 1000 ppm	Hambúrguer	5	12	MANSOUR; KHALIL, 2000
Chamnamul e fatsia	0,1 e 0,5%	Hambúrguer	4	12	KIM; CHO; HAN, 2013
Butterbur e brócolis	0,1 e 0,5%	Hambúrguer	4	12	KIM <i>et al.</i> , 2013
Chá verde	0,01, 0,02 e 0,04%	Hambúrguer	-5	14	FACHINELLO <i>et al.</i> , 2018
Acerola	0,15%	Hambúrguer	4	8	REALINI <i>et al.</i> , 2015
Sálvia	0,3 e 0,6%	Hambúrguer	2	60	MIZI <i>et al.</i> , 2019
Goji berry e chia	2,5 e 5%	Hambúrguer	-20	30	ANTONINI <i>et al.</i> , 2020
Arroz preto	0,4, 0,8 e 1,2%	Hambúrguer	2	14	PROMMACHART; SAKOMOTO; URIYAPONGSON, 2020
Chá verde e uva	300 mg/kg	Hambúrguer	4	9	BAÑÓN <i>et al.</i> , 2007
Pistache	250, 500, 750 e 1000 mg/kg	Hambúrguer	4	8	SADEGHINEJAD <i>et al.</i> , 2019

3 Avaliação dos compostos antioxidantes

O desenvolvimento de tecnologias que permitam obter os compostos bioativos presentes nas plantas é fundamental para o conhecimento e produção dos produtos alimentícios. Os extratos podem ser obtidos por meio de diferentes métodos e solventes de extração. O método escolhido pode influenciar no teor de compostos extraídos, na sua composição e na sua atividade. Por isso, é importante a escolha de um método que garanta um maior rendimento e qualidade dos compostos bioativos (ABDELDAIEM; HODA, 2012; KIM *et al.*, 2013; SHAH; BOSCO; MIR, 2014).

Os constituintes das plantas são limpos, desidratados, secos, moídos ou pulverizados (KIM; CHO; HAN, 2013; MIZI *et al.*, 2019; SHAH; BOSCO; MIR, 2014). Em seguida, utiliza-se como solvente para extração a água (SADEGHINEJAD *et al.*, 2019), etanol a 70% (KIM; CHO; HAN, 2013; KIM *et al.*, 2013), etanol a 80% (YU; AHMEDNA; GOKTEPE, 2010) ou metanol a 100% (SARAIVA *et al.*, 2019). Kim *et al.* (2013) obtiveram alto teor de compostos fenólicos ao utilizarem o álcool a 70% como solvente, sendo este mais eficiente do que a água para a extração dos compostos. Após a extração, os compostos obtidos foram aplicados nos produtos cárneos para verificar a atividade antioxidante. No entanto, para a aplicação em alimentos, a extração com água ainda é considerada mais segura se comparada aos outros solventes (SADEGHINEJAD *et al.*, 2019). Após a filtração, o extrato obtido passa por processos de concentração sob pressão reduzida, evaporação ou purificação (AKSU; ÖZER, 2013; KIM; CHO; HAN, 2013; KIM *et al.*, 2013; YU; AHMEDNA; GOKTEPE, 2010); posteriormente, é adicionado aos alimentos ou à embalagem durante o processo de fabricação.

Diversos métodos de análise são utilizados para comparar a ação dos antioxidantes nos alimentos. Após a extração, o teor de polifenóis é quantificado pelo método de Folin-Ciocalteu com algumas modificações e expresso em equivalente de ácido gálico (EAG) por amostra (AMANY; SHAKER; ABEER, 2012; FACHINELLO *et al.*, 2018; KIM; CHO; HAN, 2013; KIM *et al.*, 2013; PROMMACHART; SAKOMOTO; URIYAPONGSON, 2020; ZENGIN; BAYSAL, 2015). A avaliação da capacidade antioxidante é feita a partir de ensaios de atividade de redução de radicais livres, pela medição do grau de oxidação, com a determinação de radicais do difenil-1-picril-hidrazil (DPPH, do inglês *2,2-diphenyl-1-picryl-hidrazil*); pelo teste de radical do ácido etilbenzenotiazolina-6-sulfônico (ABTS, do inglês *2,2'-azino-bis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid)*); e pela capacidade de redução do poder redutor do ferro (FRAP, do inglês *ferric-reducing ability of plasma*). Os resultados são expressos na forma de um antioxidante conhecido – como trolox, ácido gálico, ácido ascórbico – por porcentagem ou valor da concentração inibitória de 50 por cento do valor inicial (IC50, do inglês *half-maximal inhibitory concentration*) (CHOE *et al.*, 2020; KIM; CHO; HAN, 2013).

A determinação das substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS, do inglês *thiobarbituric acid reactive species*) é expressa em malonaldeído (MDA, do inglês *malondialdehyde*). Formadas durante o processo de oxidação, tais substâncias avaliam a resistência lipídica à oxidação na presença do antioxidante e os produtos secundários obtidos da oxidação, principalmente os aldeídos (AKSU; ÖZER, 2013; AMANY; SHAKER; ABEER, 2012; FACHINELLO *et al.*, 2018; FASSEAS *et al.*, 2008; HSOUNA *et al.*, 2017; KIM; CHO; HAN, 2013; PROMMACHART; SAKOMOTO; URIYAPONGSON, 2020; YU; AHMEDNA; GOKTEPE, 2010). Outra metodologia para avaliação antioxidante é a fotoquimioluminescência, a partir da reação de detecção de radicais por quimioluminescência (MIZI *et al.*, 2019).

As alterações sensoriais provocadas pela adição de compostos bioativos ou ingredientes com ação nos produtos cárneos são avaliadas pela análise de cor, realizada por espectrofotômetro e colorímetro expresso no sistema de cores L*, a* e b*, onde o a* é o principal fator na avaliação da oxidação, pois a redução da coloração vermelha está diretamente relacionada à qualidade da carne e à aceitabilidade pelo consumidor (AKSU; ÖZER, 2013; FACHINELLO *et al.*, 2018; KIM; CHO; HAN, 2013; PROMMACHART; SAKOMOTO; URIYAPONGSON, 2020; YU; AHMEDNA; GOKTEPE, 2010; ZENGIN; BAYSAL, 2015).

4 Carne moída

Um dos produtos mais suscetíveis à oxidação é a carne moída, devido a uma maior superfície de contato direto com o oxigênio e ao fato de que, durante o processo de moagem, ocorre o rompimento da membrana celular e a liberação de seus íons. Esse processo promove a interação dos agentes oxidantes e dos ácidos graxos insaturados; como consequência, leva à deterioração da carne, à diminuição da qualidade e do prazo de validade, além de causar riscos à saúde humana (AKSU; ÖZER, 2013; KIM; CHO; HAN, 2013; YU; AHMEDNA; GOKTEPE, 2010).

Estudos sobre extratos liofilizados obtidos da pele de amendoim e utilizados em carne moída crua e, posteriormente, cozida demonstraram que diferentes concentrações do extrato (0,06%, 0,08% e 0,1%) conseguiram reduzir a formação de peróxidos durante o cozimento da carne, quando comparados ao controle (sem antioxidante), e apresentaram um atraso na oxidação dos lipídios durante o armazenamento. A eficácia do extrato da pele de amendoim a 0,08% foi semelhante à de 0,02% de BHT, inibindo a formação de peróxidos. Durante o armazenamento, o TBARS aumentou com o tempo, porém mais lentamente com o uso dos antioxidantes naturais, indicando que as concentrações de 0,06% ou mais do extrato foram tão eficazes quanto 0,02% de BHA/BHT, comercialmente utilizado (YU; AHMEDNA; GOKTEPE, 2010).

Os compostos fenólicos extraídos a partir de sementes de tâmaras, em que 1% do extrato aquoso adicionado a carne levou a um menor valor de TBARS ao fim do período de armazenamento (0,69 mg de malonaldeído/kg de carne), não apresentaram diferença significativa em comparação ao antioxidante sintético (AMANY; SHAKER; ABEER, 2012). Resultado semelhante foi obtido com o extrato aquoso liofilizado de segurelha, que também agiu reduzindo os valores de TBARS durante o armazenamento. O controle apresentou valores de 20,04 mmol de malonaldeído/kg de carne, enquanto o menor valor obtido no grupo tratado com 500 ppm do extrato foi de 11,57 mmol de malonaldeído/kg de carne. A segurelha apresentou ação antimicrobiana contra bactérias mesófilas, psicrotróficas, *Pseudomonas* spp. e *Enterobacteriaceae* (AKSU; ÖZER, 2013).

Os óleos essenciais atuam na atividade antioxidante. Os óleos essenciais de tomilho e cravo apresentam conteúdo fenólico de 30,55 e 635,32 mg EAG/mL respectivamente, conferindo atividade antioxidante, principalmente o cravo (ZENGIN; BAYSAL, 2015). Já o óleo essencial obtido das flores frescas de *Citrus limon*, além da ação antioxidante (TBARS no início e final do armazenamento variou de 0,2 para 3,96 mg MDA/kg no grupo controle, 0,2 para 1,8 mg MDA/kg com 0,06% do óleo e 0,18 para 1,7 mg MDA/kg com 0,312% do óleo), demonstra ação promissora para evitar a contaminação e desenvolvimento de bactérias patogênicas na carne, principalmente *Listeria monocytogenes* (HSOUNA *et al.*, 2017). Os óleos essenciais de orégano e sálvia também são utilizados para inibir a oxidação (FASSEAS *et al.*, 2008). É importante pontuar que essas substâncias vêm sendo aplicadas em alimentos como aditivos alimentares por

apresentarem propriedades antioxidantes, antimicrobianas e propriedades funcionais e são muitas vezes consideradas melhores do que o BHT (HSOUNA *et al.*, 2017; ZENGIN; BAYSAL, 2015).

Os estudos apresentados confirmam a ação dos compostos naturais contra a oxidação lipídica e correlacionam o teor de compostos fenólicos como um indicador do seu potencial antioxidante, demonstrando que a atividade está relacionada diretamente com os níveis de compostos fenólicos presentes, em que os valores mais altos diminuem a formação de TBARS e também são capazes de suprimir o crescimento de microrganismos patogênicos e deteriorantes. No geral, sua aplicação não provoca descoloração ou algum sabor estranho que inviabilize o consumo (FACHINELLO *et al.*, 2018; KRISHNAN *et al.*, 2014; YU; AHMEDNA; GOKTEPE, 2010; ZENGIN; BAYSAL, 2015).

5 Hambúrguer

O hambúrguer é um produto muito consumido por ser prático e de baixo custo, no entanto é facilmente deteriorado por oxidação ou microrganismos (MIZI *et al.*, 2019). Isso ocorre principalmente porque, durante o preparo do hambúrguer, a carne sofre ruptura das células musculares, aumento da superfície de contato com o ar e liberação de seus componentes, favorecendo a oxidação e a contaminação microbiana (BEKHIT *et al.*, 2003).

A avaliação da atividade antioxidante em hambúrgueres tratados com a adição de 0,1% e 0,5% de extrato de fatsia e chamnamul demonstrou um teor de compostos fenólicos de 23,87 mg de EAG/g e 23,65 mg de EAG/g, respectivamente. O extrato de fatsia apresentou maior capacidade de redução de radical livre (EAA de 19,08 mg/g), enquanto o chamnamul apresentou maior atividade de ABTS (63,53 mg TE/g). Ambos revelaram possuir ação antioxidante (KIM; CHO; HAN, 2013).

Os extratos aquosos obtidos do arroz preto (PROMMACHART; SAKOMOTO; URIYAPONGSON, 2020) e da casca do pistache (SADEGHINEJAD *et al.*, 2019) – ricos em compostos fenólicos como ácidos fenólicos, antocianinas e proantocianinas, ácidos gálicos, naringina e catequinas – apresentaram teor total de 270,51 mg EAG/g e 305 mg EAG/g, respectivamente. Quando adicionados os extratos a 0,8% e 1,2% de arroz preto e mais 500 mg/kg de pistache, ocorreu menor oxidação lipídica e atividade antioxidante ao longo do armazenamento do hambúrguer. Antonini *et al.* (2020) mostraram que a semente de chia e o purê de goji berry continham teores de compostos fenólicos de 151 e 153 mg EAG/100 g e ABTS de 1227 e 2059 $\mu\text{mol TE}/100\text{ g}$, respectivamente.

O resveratrol é um polifenol com alto potencial de atividade antioxidante, inibindo a ação das enzimas e eliminando os radicais livres. A ação antioxidante depende da concentração e do método de aplicação. Mesmo em baixa concentração, mostra-se eficaz para manter a cor de hambúrgueres (BEKHIT *et al.*, 2003).

No hambúrguer, a adição de alguns extratos provenientes do chá verde, da uva (BAÑÓN *et al.*, 2007; FACHINELLO *et al.*, 2018), da casca da batata, da semente de feno-grego e do rizoma de gengibre (MANSOUR; KHALIL, 2000) foi considerada eficaz na redução da oxidação. A adição do chá verde, em concentração de 0,01% e 0,02%, foi mais eficaz do que o antioxidante sintético BHT durante o armazenamento. Já a associação dos extratos de chá verde e de uva com os sulfitos da carne potencializam a ação antioxidante, permitindo a redução da quantidade de SO₂ adicionada. Os extratos de casca de batata, semente de feno-grego e rizoma de gengibre apresentaram 59,5%, 71,4% e 77,4% de atividade antioxidante durante o armazenamento. Quando armazenados

sob luz ou expostos a elevadas temperaturas, tiveram o seu potencial de ação diminuído (redução de 5,5%, 4,2% e 1,3% quando armazenados sob luz e de 12,4%, 8,9% e 2,4% após cozimento, respectivamente). O aquecimento pode reduzir a atividade antioxidante devido à instabilidade ao calor ou a reação com outros componentes do alimento (CHEAH; HUDA; ABU HASIM, 2000).

A combinação da utilização de antioxidantes naturais com outros métodos de controle também vem sendo considerada promissora para o aumento da vida de prateleira do produto cárneo. A utilização de sálvia como aditivo combinada com tratamento de alta pressão apresentou menor valor de TBARS se comparada ao controle. Ao longo do armazenamento, quando comparados ao controle, os hambúrgueres com 0,3% e 0,6% de sálvia sofreram menor oxidação lipídica mesmo após o tratamento de alta pressão de 300 MPa (controle: 0,35 para 1,31 mg MDA/kg; 0,3% de sálvia: 0,24 para 0,39 mg MDA/kg; 0,6% de sálvia: 0,20 para 0,39 mg MDA/kg) e 600 MPa (controle: 0,35 para 0,67 mg MDA/kg; 0,3% de sálvia: 0,26 para 0,26 mg MDA/kg; 0,6% de sálvia: 0,21 para 0,23 mg MDA/kg) (MIZI *et al.*, 2019).

Realini *et al.* (2015) produziram hambúrgueres acrescidos de 0,15% p/p de extrato de acerola e observaram sua ação na estabilidade lipídica. Os autores notaram que esse tratamento reduziu os valores de TBARS e prolongou a vida útil do produto em até 3 dias. Além disso, melhorou a cor do produto e reduziu a descoloração ao longo do armazenamento, mantendo a cor vermelha por mais tempo (8 dias) do que o controle (3 a 6 dias).

A coloração esverdeada de alguns extratos ou azulada do arroz preto pode interferir na coloração dos hambúrgueres nos primeiros dias de armazenamento, mas esses extratos contribuem para uma menor descoloração da carne quando comparada a um controle, apresentando maior valor de a^* (KIM; CHO; HAN, 2013; PROMMACHART; SAKOMOTO; URIYAPONGSON, 2020). Apesar de pequenas alterações na cor, no odor, no sabor e na textura, alguns estudos apontam que isso não interfere na aceitabilidade dos produtos pelo consumidor (BAÑÓN *et al.*, 2007; HUANG *et al.*, 2011). A análise sensorial dos hambúrgueres acrescidos da acerola não afetou a qualidade sensorial e reduziu o sabor de ranço (REALINI *et al.*, 2015).

No geral, o composto natural vem demonstrando ser uma alternativa eficaz para retardar a oxidação e apresenta ação eficaz quando comparado aos antioxidantes sintéticos, comprovando que a adição dos compostos fenólicos atua contra a oxidação lipídica, inibindo a formação de radicais livres e preservando a qualidade do produto (KIM; CHO; HAN, 2013). Hambúrgueres enriquecidos com farinha obtida de bagaço de uva, que continha 41,11 mg EAG/g de polifenóis totais, foram capazes de trazer benefícios à saúde de um grupo de trabalhadores no Chile, promovendo melhora na glicemia, reduzindo a geração de espécies reativas durante a digestão e diminuindo o estresse e o dano oxidativo (URQUIAGA *et al.*, 2018).

6 Embalagens ativas

Atualmente vem sendo observada a introdução e o desenvolvimento de novas tecnologias em embalagens como, por exemplo, o vácuo, a atmosfera modificada e as embalagens inteligentes, ativas e bioativas, com aditivos para prolongar a vida útil, promover segurança microbiológica e preservar as características e a qualidade do produto (ALP; AKSU, 2010; BATTISTI *et al.*, 2017; NAVIKAITE-SNIPAITIENE *et al.*, 2018; NISA *et al.*, 2015).

As embalagens ativas são uma alternativa para substituir a utilização de revestimentos sintéticos por filmes feitos a partir de fontes sustentáveis, com materiais recicláveis e biodegradáveis (BATTISTI *et al.*, 2017; COŞKUN *et al.*, 2014). Essas embalagens são compostas de materiais comestíveis como, por exemplo, proteínas, polissacarídeos e lipídios revestidos ou que incorporam componentes que liberam ou absorvem substâncias, garantindo melhores condições ao longo do armazenamento (BATTISTI *et al.*, 2017). As embalagens à base de amido ou acetato de celulose carregados com antioxidantes como BHT, extrato de chá verde e óleo de cravo podem servir de embalagens para carnes, a fim de evitar o processo de oxidação e a descoloração (NAVIKAITE-SNIPAITIENE *et al.*, 2018; NISA *et al.*, 2015).

Estudos com carnes armazenadas em embalagens incorporadas com óleo de cravo observaram estabilidade da cor e prevenção da atividade antioxidante (NAVIKAITE-SNIPAITIENE *et al.*, 2018). Coşkun *et al.* (2014) incorporaram 5% de óleo essencial de orégano e tomilho em embalagens à base de soja usadas para carne moída. Já extratos obtidos de resíduos da cervejaria e de alecrim, ricos em compostos fenólicos, atuam captando e eliminando os radicais livres. Três concentrações desses extratos (3%, 10% e 20%) foram incorporadas em embalagens e uma concentração (0,5%) foi aplicada diretamente na carne, sendo suas ações comparadas (BARBOSA-PEREIRA *et al.*, 2014). Vale salientar que a incorporação de compostos não altera a espessura do filme, mas melhora as propriedades físicas, mecânicas, térmicas e antioxidantes. Durante o armazenamento, os valores de TBARS variaram, mas todos os extratos apresentaram efeito contra a oxidação, sendo que o extrato de alecrim apresentou uma redução de 50% em relação ao controle (TBARS no final do armazenamento de 5,97 mg MDA/kg, ante 12,1 mg MDA/kg do controle), enquanto o resíduo da cerveja ao final apresentou uma redução de 93% (TBARS de 2,83 mg MDA/kg) (BARBOSA-PEREIRA *et al.*, 2014).

O orégano apresenta compostos com ação antioxidante e antimicrobiana. Sua incorporação em embalagens demonstra ter efeitos que dependem da concentração para a inibição da oxidação lipídica e a manutenção da cor. No entanto, quando incorporado na embalagem, o extrato tem uma menor atividade na proteção da cor, se comparada à do extrato direto no alimento (CAMO *et al.*, 2011). Os óleos essenciais de orégano e de timol demonstraram estabilidade na atividade antioxidante durante o armazenamento, por 12 dias, de carne moída; os valores do teste do ácido tiobarbitúrico (TBA, do inglês *thiobarbituric acid*) variaram de 1,19, 0,60 e 0,98 mg MDA/kg para 1,43, 1,38 e 1,30 mg MDA/kg no controle, na amostra com orégano e com tomilho, respectivamente (COŞKUN *et al.*, 2014). Camo *et al.* (2011) sugerem que a ação do antioxidante ocorre por meio da inativação de radicais por migração de compostos presentes na embalagem ou pela eliminação de moléculas oxidantes presentes na carne.

7 Conclusão

Os antioxidantes naturais vêm sendo utilizados para evitar a oxidação de produtos cárneos, uma alternativa segura e eficaz. As plantas apresentam uma variedade de componentes funcionais que possuem atividade antioxidante e estão relacionadas, principalmente, ao conteúdo de polifenóis, a suas propriedades, aos grupos de hidroxilas e à estrutura química obtida após a extração.

No geral, os antioxidantes naturais possuem ação dependente da dose e podem ser aplicados diretamente no produto como também ser incorporados em embalagens. Sua aplicação é promissora, pois tais antioxidantes apresentam a capacidade de preservar a cor da carne e inibir a oxidação lipídica, além de possuírem um alto potencial de agir

contra patógenos alimentares e microrganismos deteriorantes, prolongando a vida útil e garantindo a qualidade da carne e de seus produtos.

Referências

ABDELDAIEM, M. H.; HODA, G. M. A. Use of irradiated mango (*Mangifera indica*) peels powder as potential source of dietary fiber and antioxidant in beef burger. *Journal of Applied Sciences Research*, v. 8, n. 7, p. 3677-3687, 2012. Disponível em: <https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/20123395663>. Acesso em: 28 jul. 2020.

AHMAD, S. R.; GOKUKAKRISHNAN, P.; GIRIPRASAD, R.; YATOO, M. A. Fruit-based natural antioxidants in meat and meat products: a review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, v. 55, n. 11, p. 1503-1513, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1080/10408398.2012.701674>.

AHN, J.; GRU, I. U.; MUSTAPHA, A. Effects of plant extracts on microbial growth, color change, and lipid oxidation in cooked beef. *Food Microbiology*, v. 24, n. 1, p. 7-14, 2007. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fm.2006.04.006>.

AKSU, M. I.; ÖZER, H. Effects of lyophilized water extract of *Satureja hortensis* on the shelf life and quality properties of ground beef. *Journal of Food Processing and Preservation*, v. 37, n. 5, p. 777-783, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1745-4549.2012.00716.x>.

ALMEIDA, P. L.; LIMA, S. N.; COSTA, L. L.; OLIVEIRA, C. C.; DAMASCENO, K. A.; SANTOS, B. A.; CAMPAGNOL, P. C. B. Effect of jaboticaba peel extract on lipid oxidation, microbial stability and sensory properties of Bologna-type sausages during refrigerated storage. *Meat Science*, v. 110, p. 9-14, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2015.06.012>.

ALP, E.; AKSU, M. İ. Effects of water extract of *Urtica dioica* L. and modified atmosphere packaging on the shelf life of ground beef. *Meat Science*, v. 86, n. 2, p. 468-473, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2010.05.036>.

AMANY, M. M. B.; SHAKER, M. A.; ABEER, A. K. Antioxidant activities of date pits in a model meat system. *International Food Research Journal*, v. 19, n. 1, p. 223-227, 2012. Disponível em: [http://www.ifrj.upm.edu.my/19%20\(01\)%202011/\(29\)IFRJ-2011-110%20Amany.pdf](http://www.ifrj.upm.edu.my/19%20(01)%202011/(29)IFRJ-2011-110%20Amany.pdf). Acesso em: 16 ago. 2022.

ANTONINI, E.; TORRI, L.; PIOCHI, M.; CABRINO, G.; MELI, M. A.; DE BELLIS, R. Nutritional, antioxidant and sensory properties of functional beef burgers formulated with chia seeds and goji puree, before and after *in vitro* digestion. *Meat Science*, v. 161, p. 108021, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2019.108021>.

AZIZ, M.; KARBOUNE, S. Natural antimicrobial/antioxidant agents in meat and poultry products as well as fruits and vegetables: a review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, v. 58, n. 3, p. 486-511, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1080/10408398.2016.1194256>.

BAÑÓN, S.; DÍAZ, P.; RODRÍGUEZ, M.; GARRIDO, M. D.; PRICE, A. Ascorbate, green tea and grape seed extracts increase the shelf life of low sulphite beef patties. *Meat Science*, v. 77, n. 4, p. 626-633, 2007. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2007.05.015>.

BARBOSA-PEREIRA, L. AURREKOETXEA, G. P.; ANGULO, I.; PASEIRO-LOSADA, P.; CRUZ, J. M. Development of new active packaging films coated with natural phenolic compounds to improve the oxidative stability of beef. *Meat Science*, v. 97, n. 2, p. 249-254, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2014.02.006>.

BATTISTI, R.; FRONZA, N.; VARGAS JÚNIOR, A.; SILVEIRA, S. M.; DAMAS, M. S. P.; QUADRI, M. G. N. Gelatin-coated paper with antimicrobial and antioxidant effect for beef packaging. *Food Packaging and Shelf Life*, v. 11, p. 115-124, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fpsl.2017.01.009>.

BEKHIT, A. E. D.; GEESINK, G. H.; ILIAN, M. A.; MORTON, J. D.; BICKERSTAFFE, R. The effects of natural antioxidants on oxidative processes and metmyoglobin reducing activity in beef patties. *Food Chemistry*, v. 81, n. 2, p. 175-187, 2003. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(02\)00410-7](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(02)00410-7).

CALDERÓN-OLIVER, M.; LÓPEZ-HERNÁNDEZ, L. H. Food vegetable and fruit waste used in meat products. *Food Reviews International*, v. 38, n. 4, p. 1-27, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1080/87559129.2020.1740732>.

CAMO, J; LORÉS, A.; DJENANE, D.; BELTRÁN, J. A.; RONCALÉS, P. Display life of beef packaged with an antioxidant active film as a function of the concentration of oregano extract. *Meat Science*, v. 88, n. 1, p. 174-178, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2010.12.019>.

CHEAH, P. B.; ABU HASIM, N. H. Natural antioxidant extract from galangal (*Alpinia galanga*) for minced beef. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, v. 80, n. 10, p. 1565-1571, 2000. DOI: [https://doi.org/10.1002/1097-0010\(200008\)80:10<1565::AID-JSFA677>3.0.CO;2-7](https://doi.org/10.1002/1097-0010(200008)80:10<1565::AID-JSFA677>3.0.CO;2-7).

CHOE, J.; PARK, B.; LEE, H. J.; JO, C. Potential antioxidant and angiotensin i-converting enzyme inhibitory activity in crust of dry-aged beef. *Scientific Reports*, v. 10, n. 1, p. 7883, 2020. DOI: <https://www.nature.com/articles/s41598-020-64861-0>.

COŞKUN, B. K.; ÇALIKOĞLU, E.; EMIROĞLU, Z. K.; CANDOGAN, K. Antioxidant active packaging with soy edible films and oregano or thyme essential oils for oxidative stability of ground beef patties. *Journal of Food Quality*, v. 37, n. 3, p. 203-212, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1111/jfq.12089>.

ESTÉVEZ, M.; LUNA, C. Dietary protein oxidation: a silent threat to human health? *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, v. 57, n. 17, p. 3781-3793, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1080/10408398.2016.1165182>.

FASSEAS, M. K.; MOUNTZOURIS, K. C.; TARANTILIS, P. A.; POLISSIOU, M.; ZERVAS, G. Antioxidant activity in meat treated with oregano and sage essential oils. *Food Chemistry*, v. 106, n. 3, p. 1188-1194, 2008. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.07.060>.

FACHINELLO, M. R.; VITAL, A. C. P.; CHAMBO, A. P. S.; WIELEWSKI, P.; MATUMOTO-PINTRO, P. T. Effect of freeze-dried green tea added in hamburgers as source of antioxidant during freezing storage. *Journal of Food Processing and Preservation*, v. 42, n. 11, p. e13780, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1111/jfpp.13780>.

FERRARI, C. K. B. Oxidação lipídica em alimentos e sistemas biológicos: mecanismos gerais e implicações nutricionais e patológicas. *Revista de Nutrição*, v. 11, n. 1, p. 3-14, 1998. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1415-52731998000100001>.

GONZALEZ, M. T. N.; HAFLEY, B. S.; BOLEMAN, R. M.; MILLER, R. K.; RHEE, K. S.; KEETON, J. T. Antioxidant properties of plum concentrates and powder in precooked roast beef to reduce lipid oxidation. *Meat Science*, v. 80, n. 4, p. 997-1004, 2008. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2008.04.014>.

HORBAŃCZUK, O. K.; KUREK, M.A.; ATANASOV, A.G.; BRNČIĆ, M.; BRNČIĆ, S. R. The effect of natural antioxidants on quality and shelf life of beef and beef products. *Food Technology and Biotechnology*, v. 57, n. 4, p. 439-447, 2019. DOI: <https://doi.org/10.17113/ftb.57.04.19.6267>.

HSOUNA, A. B.; HALIMA; N. B.; SMAOUI, S.; HAMDI, N. *Citrus lemon* essential oil: chemical composition, antioxidant and antimicrobial activities with its preservative effect against *Listeria monocytogenes* inoculated in minced beef meat. *Lipids in Health and Disease*, v. 16, n. 1, p. 146, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1186/s12944-017-0487-5>.

HUANG, B.; HE, K.; BAN, X.; ZENG, H.; YAO, X.; WANG, Y. Antioxidant activity of bovine and porcine meat treated with extracts from edible lotus (*Nelumbo nucifera*) rhizome knot and leaf. *Meat Science*, v. 87, n. 1, p. 46-53, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2010.09.001>.

ISMAIL, H. A.; LEE, E. J.; KO, K. Y.; AHN, D. U. Effects of aging time and natural antioxidants on the color, lipid oxidation and volatiles of irradiated ground beef. *Meat Science*, v. 80, n. 3, p. 582-591, 2008. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2008.02.007>.

KIM, S.-J.; CHO, A. R.; HAN, J. Antioxidant and antimicrobial activities of leafy green vegetable extracts and their applications to meat product preservation. *Food Control*, v. 29, n. 1, p. 112-120, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2012.05.060>.

KIM, S.-J.; MIN, S. C.; SHIN, H.-J.; LEE, Y.-J.; CHO, A. R.; KIM, S. Y.; HAN, J. Evaluation of the antioxidant activities and nutritional properties of ten edible plant extracts and their application to fresh ground beef. *Meat Science*, v. 93, n. 3, p. 715-722, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2012.11.029>.

KRISHNAN, K. R.; BABUSKIN, S.; BABU, P. A. S.; FAYIDH, M. A.; SABINA, K.; ARCHANA, G.; SIVARAJAN, M.; SUKUMAR, M. Bio protection and preservation of raw beef meat using pungent aromatic plant substances. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, v. 94, n. 12, p. 2456-2463, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1002/jsfa.6580>.

MANSOUR, E. H.; KHALIL, A. H. Evaluation of antioxidant activity of some plant extracts and their application to ground beef patties. *Food Chemistry*, v. 69, n. 2, p. 135-141, 2000. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(99\)00234-4](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(99)00234-4).

MIZI, L.; COFRADES, S.; BOU, R.; PINTADO, T.; LÓPEZ-CABALLERO, M. E.; ZAIDI, F.; JIMÉNEZ-COLMENERO, F. Antimicrobial and antioxidant effects of combined high pressure processing and sage in beef burgers during prolonged chilled storage. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, v. 51, p. 32-40, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2018.04.010>.

NAVIKAITE-SNIPAITIENE, V.; IVANAUSKAS, L.; JAKSTAS, V.; RUEGG, N.; RUTKAITE, R.; WOLFRAM, E.; YILDIRIM, S. Development of antioxidant food packaging materials containing eugenol for extending display life of fresh beef. *Meat Science*, v. 145, p. 9-15, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2018.05.015>.

NISA, I.; ASHWAR, B. A.; SHAH, A.; GANI, A.; GANI, A.; MASOODI, F. A. Development of potato starch based active packaging films loaded with antioxidants and its effect on shelf life of beef. *Journal of Food Science and Technology*, v. 52, n. 11, p. 7245-7253, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13197-015-1859-3>.

PROMMACHART, R.; BELEM, T. S.; URIYAPONGSON, S.; RAYAS-DUARTE, P.; URIYAPONGSON, J.; RAMANATHAN, R. 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*, v. 164, p. 108091, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2020.108091>.

REALINI, C. E.; GUÀRDIA, M. D.; DÍAZ, I.; GARCÍA-REGUEIRO, J. A.; 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*, v. 99, p. 18-24, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2014.08.008>.

RIBEIRO, J. S.; SANTOS, M. J. M. C.; SILVA, L. K. R.; PEREIRA, L. C. L.; SANTOS, I. A.; LANNES, S. C. S.; SILVA, M. V. Natural antioxidants used in meat products: A brief review. *Meat Science*, v. 148, p. 181-188, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2018.10.016>.

SADEGHINEJAD, N.; SARTESHNIZI, R. A.; GAVLIGHI, H. A.; BARZEGAR, M. 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 - Food Science and Technology*, v. 102, p. 393-402, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.12.060>.

SARAIVA, B. R.; AUGUSTINHO, B. C.; VITAL, A. C. P.; STAUB, L.; MATUMOTO-PINTRO, P. T. Effect of brewing waste (malt bagasse) addition on the physicochemical properties of hamburgers. *Journal of Food Processing and Preservation*, v. 43, n. 10, p. e14135, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1111/jfpp.14135>.

SHAH, M. A.; BOSCO, S. J. D.; MIR, S. A. Plant extracts as natural antioxidants in meat and meat products. *Meat Science*, v. 98, n. 1, p. 21-33, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2014.03.020>.

SHAHEEN, M. S.; SHAABAN, H. A.; HUSSEIN, A. M. S.; AHMED, M. B.; EL-MASSRY, K.; EL-GHORAB, A. Evaluation of chitosan/fructose model as an antioxidant and antimicrobial agent for shelf life extension of beef meat during freezing. *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences*, v. 66, n. 4, p. 295-302, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1515/pjfn-2015-0054>.

SOLADOYE, O. P.; JÚAREZ, M. L.; AALHUS, J. L.; SHAND, P.; ESTÉVEZ, M. Protein oxidation in processed meat: mechanisms and potential implications on human health. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, v. 14, n. 2, p. 106-122, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12127>.

URQUIAGA, I.; TRONCOSO, D.; MACKENNA, M. J.; URZÚA, C.; PÉREZ, D.; DICENTA, S.; DE LA CERDA, P. M.; AMIGO, L.; CARREÑO, J. C.; ECHEVERRIA, G.; RIGOTTI, A. The consumption of beef burgers prepared with wine grape pomace flour improves fasting glucose, plasma antioxidant levels, and oxidative damage markers in humans: a controlled trial. *Nutrients*, v. 10, n. 10, p. 1388, 2018. DOI: <https://doi.org/10.3390/nu10101388>.

VAN HECKE, T.; HO, P. L.; GOETHALS, S.; DE SMET, S. The potential of herbs and spices to reduce lipid oxidation during heating and gastrointestinal digestion of a beef product. *Food Research International*, v. 102, p. 785-792, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2017.09.090>.

VU, P. T. T.; HOLT CAMP, A. J.; SUKUMARAN, A. T.; LE, M. V. V.; NGUYEN, D. H.; DINH, T. T. N. Effects of market type and time of purchase on oxidative status and descriptive off-odors and off-flavors of beef in Vietnam. *Meat Science*, v. 145, p. 399-406, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2018.07.018>.

WÓJCIAK, K. M.; KĘSKA, P.; OKOŃ, A.; SOLSKA, E.; LIBERA, J.; DOLATOWSKI, Z. J. The influence of acid whey on the antioxidant peptides generated to reduce oxidation and improve colour stability in uncured roast beef. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, v. 98, n. 10, p. 3728-3734, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1002/jsfa.8883>.

YAHAYA, W. A. W.; YAZID, N. A.; AZMAN, N. A. M.; ALMAJANO, M. P. Antioxidant activities and total phenolic content of Malaysian herbs as components of active packaging film in beef patties. *Antioxidants*, v. 8, n. 7, p. 204, 2019. DOI: <https://doi.org/10.3390/antiox8070204>.

YU, J.; AHMEDNA, M.; GOKTEPE, I. Potential of peanut skin phenolic extract as antioxidative and antibacterial agent in cooked and raw ground beef. *International Journal of Food Science & Technology*, v. 45, n. 7, p. 1337-1344, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2010.02241.x>.

ZENGIN, H.; BAYSAL, A. H. Antioxidant and antimicrobial activities of thyme and clove essential oils and application in minced beef. *Journal of Food Processing and Preservation*, v. 39, n. 6, p. 1261-1271, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1111/jfpp.12344>.