



PIMENTA ROSA (*SCHINUS TEREBINTHIFOLIUS* RADDI): CAPACIDADE ANTIOXIDANTE, APLICAÇÃO EM HAMBÚRGUERES DE TILÁPIA E SISTEMA DE PRODUÇÃO

Rose Pepper (Schinus Terebinthifolius Raddi): Antioxidant Capacity, Application In Tilapia Hamburgers And Production System

Tatiana Labre da SILVA¹, Vanessa Sales de OLIVEIRA², Maria Ivone Martins Jacintho BARBOSA³, Tatiana SALDANHA^{4}*

RESUMO: O presente estudo avaliou extratos da pimenta rosa preparados em etanol e acetona quanto ao teor de fenólicos totais e a capacidade antioxidante (métodos DPPH e FRAP). Visando a possível aplicação da pimenta rosa como antioxidante natural em alimentos, investigou-se o efeito da adição da pimenta rosa frente à oxidação lipídica em hambúrgueres de tilápia preparados termicamente (grelha, forno convencional, micro-ondas e cozimento em água). Para tal, foi realizada a quantificação de malonaldeído, produto secundário da oxidação lipídica, pela análise de TBARS (substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico). O extrato em etanol apresentou o teor de $137,73 \pm 6,63$ mg AGE/g, o qual foi superior ao determinado no extrato em acetona ($61,01 \pm 6,09$ mg AGE/g). Ambos extratos apresentaram capacidade antioxidante para os métodos utilizados; entretanto, diferenças significativas foram observadas para os diferentes solventes extratores ($p < 0,05$). A adição de pimenta rosa aos hambúrgueres reduziu a formação de malonaldeído nas amostras grelhadas e nas amostras preparadas em micro-ondas ($p < 0,05$), sugerindo o efeito protetor da pimenta rosa sob a degradação de hidroperóxidos durante os processos oxidativos. Tais resultados destacam a possível aplicação deste fruto como aditivo natural em alimentos, representando uma alternativa para a substituição de antioxidantes sintéticos. Entretanto, estudos futuros são necessários para avaliar parâmetros como a dose-efeito e os aspectos sensoriais para a aplicação industrial. Mediante o potencial tecnológico da pimenta rosa e as perspectivas promissoras para a geração de renda de agricultores familiares, as características do sistema de produção da pimenta rosa também foram discutidas.

Palavras-chave: Alimento funcional. Aditivos naturais. Oxidação lipídica.

Pink pepper (Schinus terebinthifolius Raddi): Antioxidant capacity, application in tilapia burgers and production system

ABSTRACT: The present study evaluated extracts of pink pepper prepared in ethanol and acetone for the total content of phenolics and the antioxidant capacity (DPPH and FRAP assays). Aiming the possible application of pink pepper as a natural antioxidant in foods, the effect of adding pink pepper against lipid oxidation in thermally prepared tilapia burgers (grill, conventional oven, microwave, and cooking in water) was investigated. For this purpose, the quantification of malonaldehyde, a secondary product of lipid oxidation, was carried out by the analysis of TBARS (thiobarbituric acid reactive substances). The ethanol extract had a content of 137.73 ± 6.63 mg GAE/g, which was higher than that determined in the acetone extract (61.01 ± 6.09 mg GAE/g). Both extracts showed antioxidant capacity for the methods used; however, significant differences were observed for the different extracting solvents ($p < 0.05$). The addition of pink pepper to hamburgers reduced the formation of malonaldehyde in grilled samples and in samples prepared with microwave ($p < 0.05$), suggesting the protective effect of pink pepper on the degradation of hydroperoxides during oxidative processes. Such results highlight the possible application of this fruit as natural additive in foods, representing an alternative for the substitution of synthetic antioxidants. However, future studies are needed to evaluate parameters such as dose-effect and sensory aspects for industrial application. Due to the technological potential of pink pepper and the promising prospects for income generation for family farmers, characteristics of the pink pepper production system were also discussed.

Keywords: Functional food. Natural additives. Lipid oxidation.

*Autor para correspondência

Recebido para publicação em 20/04/2021, aprovado em 05/06/2021

¹Doutoranda em Ciência de Alimentos, UFRRJ, Rio de Janeiro, labrerural@gmail.com

²Dotouranda em Ciência de Alimentos, UFRRJ, Rio de Janeiro, vanessado@bol.com.br

³Professor Associado no Departamento de Ciência e Tecnologia de Alimentos, UFRRJ, Rio de Janeiro, mivone@gmail.com

⁴Professor Associado no Departamento de Ciência e Tecnologia de Alimentos, UFRRJ, Rio de Janeiro, tatysal@gmail.com

INTRODUÇÃO

O crescente interesse da indústria em atender o mercado consumidor preocupado com a saúde e funcionalidade dos alimentos tem acarretado aumento na utilização de espécies vegetais ricas em compostos bioativos, seja pela sua forma direta de consumo ou pelo emprego destes materiais como aditivos naturais em produtos alimentícios (GONÇALVES et al., 2015; EMBUSCADO, 2019).

O Brasil possui a maior biodiversidade do planeta, agregando 20% da flora mundial (OLIVEIRA et al., 2012). Mais de 40.000 espécies diferentes podem ser encontradas, compreendendo espécies com propriedades antioxidantes, anti-inflamatórias, antialérgicas e antidepressivas, que são associadas à diversidade de funcionalidades de seus compostos (OLIVEIRA et al., 2012; KAPTAN e GT, 2018).

A pimenta rosa (*Schinus terebinthifolius* Raddi), também conhecida como pimenta brasileira ou aroeira, é uma planta nativa da América do Sul e amplamente distribuída no território brasileiro. Quando frutifica, a aroeira fica recoberta por cachos com frutos pequenos de cor vermelha e brilhante, o que a classifica como uma planta ornamental. Os frutos são amplamente utilizados como condimento alimentar, o que aumenta a demanda no mercado nacional e internacional (PATOCKA e DE ALMEIDA, 2017).

A pimenta rosa apresenta propriedades farmacêuticas, sendo reconhecida como planta medicinal pela tradição popular (SILVA et al., 2011; CAMPOS et al., 2010; M. da SILVA et al., 2017). Além disso, representa uma alternativa para sistemas agrícolas de produção, onde pode ser empregada como defensivo natural (LIMA et al., 2010). O interesse técnico-científico por esta espécie se deve ao potencial terapêutico (FERIANI et al., 2021), a atividade antimicrobiana (DA SILVA DANNENBERG et al., 2016; DA SILVA DANNENBERG et al., 2019; DE ARAÚJO GOMES et al., 2020) e antioxidante (PAGANI et al., 2014; RUSSO et al., 2017; DE OLIVEIRA et al., 2020a) reportadas na literatura.

Antioxidantes são substâncias sintéticas ou naturais que mesmo em baixas concentrações são capazes de retardar ou inibir as reações oxidativas (LAGUERRE, LECOMTE e VILLENEUVE, 2007). Embora o organismo humano apresente mecanismos endógenos de ação antioxidante, esta proteção deve ser reforçada por meio da dieta. Diversos fitoquímicos, produtos secundários das plantas, apresentam uma variedade de estruturas químicas de difícil produção sintética e relevante capacidade de sequestro de radicais livres, que são iniciadores dos processos oxidativos (KUNDAN OJHA, SATISH DUBEY, JAGRITI CHANDRAKAR, ROBIN ANIGO MINJ, RASHMI DEHARIYA, 2018). Desta forma, estes antioxidantes minimizam os efeitos acumulativos deletérios causados pelo estresse oxidativo que desencadeiam doenças como as inflamatórias, degenerativas, Parkinson, Alzheimer, artrites, câncer e arteriosclerose (SHARIFI-RAD et al., 2020).

Devido ao potencial antioxidante da pimenta rosa, atribuído principalmente à presença de compostos como ácidos fenólicos, flavonoides, taninos e terpenos, estudos recentes sugerem a aplicação deste fruto como antioxidante natural pela indústria de alimentos (DE OLIVEIRA et al., 2020a). Além de conferir sabor, cor e aroma aos alimentos, o emprego da pimenta rosa como aditivo natural pode inibir ou

retardar reações indesejáveis decorrentes da oxidação lipídica (FORTUNATO et al., 2019; MENEGALI et al., 2020; DE OLIVEIRA et al., 2020b, DE OLIVEIRA et al., 2020c). Desta forma, é possível obter produtos de maior valor agregado, gerando valor adicional à cadeia de produção da agricultura familiar, com forte prospectiva de sucesso.

Resíduos oriundos da atividade agroindustrial da pimenta rosa também têm demonstrado potencial para o emprego como agente antioxidante. Serrano-León et al. (2018) e Merlo et al. (2019) reportaram a capacidade antioxidante de extratos preparados com resíduos-agroindustriais da pimenta rosa (folhas, galhos, cascas, frutos rejeitados) que foram incorporados a embalagens ativas para produtos cárneos reestruturados e filés de salmão, respectivamente.

Pescado e produtos de pescado apresentam reconhecido valor nutricional atribuído principalmente a sua composição de ácidos graxos. Entretanto, os ácidos graxos poli-insaturados (AGPIs) presentes nos mesmos são compostos altamente susceptíveis a oxidação lipídica quando expostos a condições favoráveis como o calor (SALDANHA, BENASSI, e BRAGAGNOLO, 2008; BARRIUSO, ANSORENA, e ASTIASARÁN, 2017). Desta forma, é importante avaliar os efeitos do preparo térmico destes alimentos considerando os aspectos negativos relacionados à oxidação lipídica, como a perda da qualidade sensorial e nutricional dos alimentos.

Produtos alimentícios de fácil preparo como os hambúrgueres vem de destacando perante o mercado consumidor, que busca por praticidade. Adicionalmente, a aquicultura é um ramo promissor para o agronegócio brasileiro, com relação direta com o fornecimento de insumos e produção de alimentos. Na aquicultura brasileira pode-se destacar a produção de tilápias (MILANEZ et al., 2019), espécie que apresenta características específicas que tornam o seu cultivo viável tanto em escala industrial quanto de subsistência, em ampla extensão do território brasileiro (ALMEIDA BANDEIRA; NASCIMENTO, 2017). Além disso, o processamento de hambúrgueres de tilápia também possibilita o emprego de fontes naturais como aditivos, representando uma alternativa à utilização de aditivos sintéticos que podem apresentar efeitos deletérios a saúde. Neste contexto, destaca-se o elevado potencial de exploração e uso da pimenta rosa, e consequente importância desta espécie para os produtores brasileiros.

Este estudo teve como objetivo determinar a formação de malonaldeído em hambúrgueres de tilápia, adicionados ou não de pimenta rosa, submetidos a diferentes processamentos térmicos (grelhados, assados em forno convencional, preparados em micro-ondas e cozidos em água). Além disso, extratos da pimenta rosa preparados em etanol e acetona foram avaliados quanto ao teor total de compostos fenólicos e a capacidade antioxidante pelos métodos de DPPH e FRAP. Adicionalmente, buscou-se relacionar e elucidar aspectos referentes a cadeia de produção da pimenta rosa.

MATERIAL E MÉTODOS

Os frutos da pimenta rosa foram doados por produtores rurais do município de Seropédica, Rio de Janeiro, Brasil. Os frutos foram secos em estufa ventilada a 30°C por 24 horas e, posteriormente, armazenados em sacos de polietileno de baixa permeabilidade ao oxigênio a temperatura ambiente e ao

abrigo de luz. Os extratos da pimenta rosa (5 mg/mL) foram preparados em etanol e acetona. Os frutos foram mantidos sob agitação com os solventes extratores por 1 hora na ausência de luz. Os teores de fenólicos totais foram determinados utilizando-se o reagente Folin-Ciocalteu de acordo com metodologia descrita por QUETTIER-DELEU (2001). Para determinação da atividade antioxidante foram utilizados o método FRAP (Ferric Reducing Antioxidant Power) (RUFINO et al., 2006) e o radical DPPH (2,2-difenil-1-picril-hidrazila) (RUFINO et al., 2007). A absorbância foi mensurada em espectrofotômetro Model Nova 2000 UV.

Para a aplicação da pimenta rosa em hambúrgueres, os frutos foram moídos e peneirados, com descarte dos resíduos retidos. Quatro kg (4 kg) de filés de tilápias foram adquiridos em mercado local da cidade de Piraí, Rio de Janeiro, Brasil. Os filés foram processados em moedor de 6 mm, de forma a obter uma massa homogênea, que foi dividida em duas porções: uma porção contendo apenas a massa da tilápia utilizada para o preparo das amostras controle e uma porção contendo a massa da tilápia adicionada da pimenta rosa moída (0,5 g de pimenta/100 g de tilápia, 0,5% pimenta rosa). Ambas as porções foram homogeneizadas por dois minutos. Em seguida, os hambúrgueres foram moldados em porções com peso médio de 40 g ± 1 g e armazenados em refrigerador doméstico (10 °C), para posterior preparo das amostras.

As amostras, adicionadas ou não da pimenta rosa, foram analisadas de acordo com os seguintes tratamentos: cru (sem preparo térmico, 10 °C), grelhadas, assadas em forno convencional, preparadas em micro-ondas e cozidas em água. As amostras grelhadas foram preparadas a 170 °C por 4 minutos em grelha pré-aquecida (10 minutos), mantendo 2 minutos de aquecimento de cada lado do hambúrguer. Para o preparo no forno convencional, as amostras foram assadas a 180 °C por 15 minutos em forno pré-aquecido (20 minutos). No micro-ondas o aquecimento foi conduzido durante 2 minutos com o aparelho a uma potência de 10 W. O cozimento em água foi realizado com 600 mL de água a 95°C por 30 minutos.

A quantificação das substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico foi realizada de acordo com a metodologia descrita por Bragagnolo et al. (2005). Uma alíquota de 6 mL da solução de TCA (7,5% de ácido tricloroacético, 0,1% de propil-galato) foi adicionada a 1,5 g de amostra de hambúrguer. Em seguida a mistura foi homogeneizada por 30 segundos e filtrada. Posteriormente, 2 mL do filtrado foi misturada a 2,5 mL de solução 0,020 M de TBA (2-ácido tiobarbitúrico). A reação foi conduzida em banho-maria a 100 °C por 40 minutos. A absorbância foi mensurada a 532 nm em espectrofotômetro (Model Nova 2000 UV).

Os resultados de TBARS foram expressos em mg de malonaldeído (MDA) por Kg de hambúrguer de tilápia. Os resultados de TBARS foram obtidos por meio da curva padrão com concentração entre 0,1 e 24,0 µmol/L (R>0,99), estabelecida com 1,1,3,3-tetraetoxipropano (TEP).

Foram analisados 3 hambúrgueres de cada tratamento. Estes foram misturados por 30 segundos, em multiprocessador, para obtenção de uma amostra homogênea.

Todas as análises foram realizadas em triplicatas e os resultados expressos por média ± desvio padrão. O Teste T de Student foi realizado para as análises de médias a 5% de significância, utilizando-se o programa estatístico Origin50.

Os teores de fenólicos totais e as capacidades antioxidantes dos extratos de pimenta rosa preparados em etanol e acetona pelos métodos de DPPH e FRAP estão dispostos na Tabela 1.

Tabela 1
Teor de fenólicos totais e capacidade antioxidante dos extratos dos frutos da pimenta rosa.

Análise	Etanol	Acetona
FT ¹	137,73 ± 6,63 ^A	61,01 ± 6,09 ^B
FRAP ²	46,70 ± 4,67 ^A	33,64 ± 5,75 ^B
DPPH ³	26,21 ± 3,39 ^B	40,98 ± 1,17 ^A

Média ± desvio padrão (n=3). Letras diferentes na mesma linha representam diferenças significativas entre os valores ($p < 0,05$). Fenólicos Totais¹= mg ácido gálico equivalente (AGE)/g amostra; FRAP²= µmol Fe²⁺/ g amostra; DPPH³= µmol Trolox equivalente (TE)/g amostra. Resultados em base seca.

Os teores de fenólicos totais determinados foram 61,01 ± 6,09 e 137,73 ± 6,63 mg AGE/g (base seca) nos extratos em acetona e etanol, respectivamente. Os valores obtidos para o método FRAP foram: 33,64 ± 5,75 µmol Fe²⁺/g (acetona) e 46,70 ± 4,67 µmol Fe²⁺/g, (etanol), base seca. Para o DPPH, os extratos em etanol e acetona apresentaram valores de 26,21 ± 3,39 e 40,98 ± 1,17 µmol TE/g (base seca), respectivamente.

Os maiores teores de fenólicos totais obtidos no extrato preparado com etanol, quando comparados ao extrato em acetona, apontam para a polaridade dos compostos presentes nas amostras. Desta forma, uma maior eficiência de extração foi observada com a elevação da polaridade do solvente.

A capacidade antioxidante variou independentemente dos teores de fenólicos totais. O extrato em etanol apresentou conteúdo superior de fenólicos totais e capacidade antioxidante mais elevada pelo método FRAP, quando comparado ao extrato em acetona. Como o método FRAP sinaliza a presença de substâncias reativas ao íon ferro, tais como as espécies reativas de oxigênio, maior teor destes compostos podem ser encontrados no extrato etanoico. O extrato em acetona exibiu capacidade antioxidante significativamente superior para o sequestro de radicais livres pelo radical DPPH ($p < 0,05$). Estes resultados demonstram a influência do tipo de solvente extrator utilizado nas análises realizadas.

Os solventes empregados no preparo de extratos para a determinação do conteúdo de fenólicos totais e ensaios antioxidantes influenciam diretamente nos resultados obtidos, visto que a polaridade do solvente determina o tipo de composto presente no extrato e estes podem reagir de formas diferentes de acordo com o princípio do ensaio utilizado. Além disso, outros fatores como a concentração do extrato e a forma de apresentação das amostras também podem influenciar o processo extrativo (FU et al., 2016).

Resultados variados foram encontrados na literatura para extratos preparados com os frutos da pimenta rosa. Ennigrou et al. (2017) avaliaram o teor de fenólicos totais de extratos em metanol (1:20) preparados com frutos em diferentes estágios de maturação e encontraram conteúdos variando entre 180 mg AGE/g (frutos com maturação intermediária) e 270 mg AGE/g (frutos maduros). Os autores também determinaram a capacidade antioxidante dos extratos pelo método DPPH, encontrando valores entre 127,86 ± 0,20

RESULTADOS E DISCUSSÃO

(frutos imaturos) e $218,68 \pm 0,58 \mu\text{mol TE/g}$ (frutos com maturação intermediária). Dentre os extratos avaliados, o extrato preparado com as amostras maduras apresentou maior conteúdo de fenólicos totais. Entretanto, apesar de os frutos com maturação intermediária apresentarem teor de fenólicos totais inferior, a expressão da atividade antioxidante pelo ensaio de DPPH foi superior, assim como observado no presente estudo, para o extrato dos frutos em acetona.

Extratos da pimenta rosa em metanol (10 mg/mL) foram avaliados por De Lima Glória et al. (2017), apresentando teor de fenólicos equivalente à $659,21 \text{ mg AGE/g}$ (base seca). De acordo com dos Santos Oliveira et al. (2020), os fenólicos totais presentes em extratos etanoicos obtidos dos frutos inteiros e da casca dos frutos da pimenta rosa corresponderam a $73,6$ e 452 mg AGE/g , respectivamente. Os extratos também revelaram capacidade antioxidante para os métodos de DPPH e FRAP. Serrano-León et al. (2018) determinaram um teor de $45,01 \pm 0,54 \text{ mg AGE/g}$ e $535,7 \pm 0,32 \mu\text{mol TE/g}$ para o ensaio DPPH ao avaliar o extrato etanoico obtido de resíduos agroindustriais da pimenta rosa, enquanto Menegali et al. (2020) encontraram o teor de $12,17 \text{ mg AGE/g}$.

A Tabela 2 apresenta os resultados obtidos para a análise de TBARS, que quantifica os teores de malonaldeído, realizada nas amostras de hambúrgueres sem adição de pimenta rosa (controle) e com adição da pimenta rosa submetidas a diferentes tratamentos térmicos.

Tabela 2

Teores de espécies reativas ao ácido tiobarbitúrico (mg MDA/Kg amostra) nos hambúrgueres de tilápia adicionados de pimenta rosa (0,5 %) submetidos a diferentes tratamentos térmicos

	Controle	Pimenta rosa
Cru	$1,43 \pm 0,19$ ^{Bb}	$1,12 \pm 0,09$ ^{Aa}
Grelhado	$1,92 \pm 0,09$ ^{Bc}	$1,21 \pm 0,43$ ^{Aab}
Forno	$1,17 \pm 0,05$ ^{Aab}	$1,10 \pm 0,05$ ^{Aa}
Micro-ondas	$2,00 \pm 0,04$ ^{Bc}	$1,18 \pm 0,20$ ^{Aab}
Cozido	$1,08 \pm 0,02$ ^{Aa}	$1,03 \pm 0,07$ ^{Aa}

Média \pm desvio padrão (n=3). Letras maiúsculas diferentes na mesma linha representam diferenças significativas entre os valores de um mesmo tratamento térmico ($p < 0,05$). Letras minúsculas na mesma coluna representam diferenças significativas entre os valores obtidos para tratamentos térmicos diferentes ($p < 0,05$).

As amostras cruas apresentaram um teor de $1,43 \pm 0,19 \text{ mg MDA/Kg}$ amostra (controle). Após o tratamento térmico, teores significativamente superiores foram identificados nas amostras grelhadas ($1,92 \pm 0,09 \text{ mg MDA/Kg}$ amostra) e nas preparadas em micro-ondas ($2,00 \pm 0,04 \text{ mg MDA/Kg}$ amostra).

Ao comparar as amostras controle (sem adição) e as amostras contendo pimenta rosa, é possível observar que a adição do antioxidante natural reduziu a formação de malonaldeído. Nas amostras grelhadas, as amostras controle apresentaram um teor de $1,92 \pm 0,09$ $0,04 \text{ mg MDA/Kg}$ amostra, enquanto $1,21 \pm 0,43 \text{ mg MDA/Kg}$ amostra foi determinado nas amostras adicionadas da pimenta ($p < 0,05$). Diferenças significativas nos valores de TBARS também foram encontradas para o tratamento em micro-ondas, onde os teores reduziram de $2,00 \pm 0,04$ (controle) para $1,18 \pm 0,20$

mg MDA/Kg amostra (0,5% pimenta rosa). Os resultados obtidos nas amostras preparadas no forno e cozidas em água não diferiram pela adição do antioxidante ($p > 0,05$), e foram semelhantes aos hambúrgueres crus com pimenta rosa.

A adição de pimenta rosa foi satisfatória na redução dos valores de TBARS nos hambúrgueres de tilápia durante o preparo e processamento térmico, com efetiva proteção durante os preparos em grelha e micro-ondas. A eficiência da adição de pimenta rosa como antioxidante natural nos hambúrgueres de tilápia não diferiu em relação aos diferentes processamentos térmicos, mantendo os níveis mais reduzidos de malonaldeído. A quantificação do malonaldeído é comumente utilizada para determinar a ocorrência de processos oxidativos de lipídios em alimentos, visto que o malonaldeído é um dos principais produtos oriundos da decomposição dos hidroperóxidos de AGPIs (BARRIUSO, ASTIASARÁN, e ANSORENA, 2013).

Serrano-Léon et al. (2018) avaliaram o efeito da adição do extrato obtido de resíduos industriais da pimenta rosa no controle da oxidação lipídica em produtos reestruturados de carne de frango durante a estocagem sob temperatura de refrigeração. Os extratos foram incorporados em embalagens ativas de quitosana e diretamente na massa cárnea. De acordo com os resultados obtidos, após 7 dias de armazenamento a adição direta do extrato apresentou o maior efeito protetor reduzindo os valores de TBARS em 64% comparado com o controle (sem adição de antioxidante), seguido do tratamento com BHT (51%). Embora a adição da pimenta diretamente na massa tenha apresentado maior proteção, resultados promissores também foram obtidos para a incorporação do extrato na embalagem ativa.

Menegali et al. (2020) adicionaram extrato metanoico de pimenta rosa a hambúrgueres de frango (90 mg extrato/Kg carne) e avaliaram o efeito frente a formação de malonaldeído durante 7 dias de estocagem a 2°C. O estudo demonstrou que a adição do antioxidante natural foi tão eficaz quanto o antioxidante sintético BHT. A adição do extrato natural e do BHT reduziu os valores de TBARS em 79,44% e 67,29%, respectivamente, quando comparado ao controle (sem adição de antioxidantes).

Na presença de compostos antioxidantes, a formação de hidroperóxidos, que são precursores do malonaldeído, pode ser retardada ou inibida por mecanismos como a ação quelantes de metais e o sequestro de radicais livres, que iniciam os processos oxidativos (YU, AHMEDNA, e GOKTEPE, 2010). Desta forma, as propriedades antioxidantes determinadas na pimenta rosa sugerem estes frutos como uma alternativa frente a utilização de antioxidantes sintéticos. Adicionalmente, a possível exploração da pimenta rosa pela indústria de alimentos destaca a importância desta espécie para a agroindústria brasileira.

Em relação ao sistema de produção, a cadeia produtiva da pimenta rosa depende da demanda externa das indústrias importadoras, o que requer a organização de agricultores familiares em seus locais de produção para que seja ofertada uma matéria-prima de qualidade para o beneficiamento e processamento primário, e subsequente comercialização, tanto no mercado interno quanto externo. Alguns Estados brasileiros que contribuem para a cadeia produtiva da pimenta rosa com a indústria exportadora e processadora são: Rio de Janeiro (640 t), Espírito Santo (400 t), Bahia (200 t), Pernambuco (100 t), Ceará (100 t) e Sergipe-Alagoas (70 t).

Entretanto, importadoras de países europeus realizam uma segunda fase do processamento, que consiste no processo de liofilização a -50 °C. Desse modo, a pimenta rosa exportada pode ser importada pelo Brasil dos países europeus, valendo muito mais do que quando foi exportada (GOMES et al., 2013). No âmbito nacional a pimenta rosa é utilizada principalmente sob a forma desidratada e comercializada, na maioria das vezes, a granel (BERTOLDI, 2006).

Medidas para a conservação das propriedades biológicas dos compostos presentes na pimenta rosa devem ser adotadas, com aplicação dos conhecimentos na área de ciência e tecnologia de alimentos e capacitação dos diferentes elos participantes da cadeia produtiva. De acordo com o Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural (Incaper), um catador de frutos de pimenta rosa colhe aproximadamente 50 kg por dia. Em 2012, o valor (em reais) do fruto chegava a R\$3,00 o quilo, enquanto que em 2015 o valor variou entre R\$ 4,50 e R\$ 8,50 por quilo de fruto fresco. Entretanto, esses dados variam de acordo com a região e a qualidade do produto.

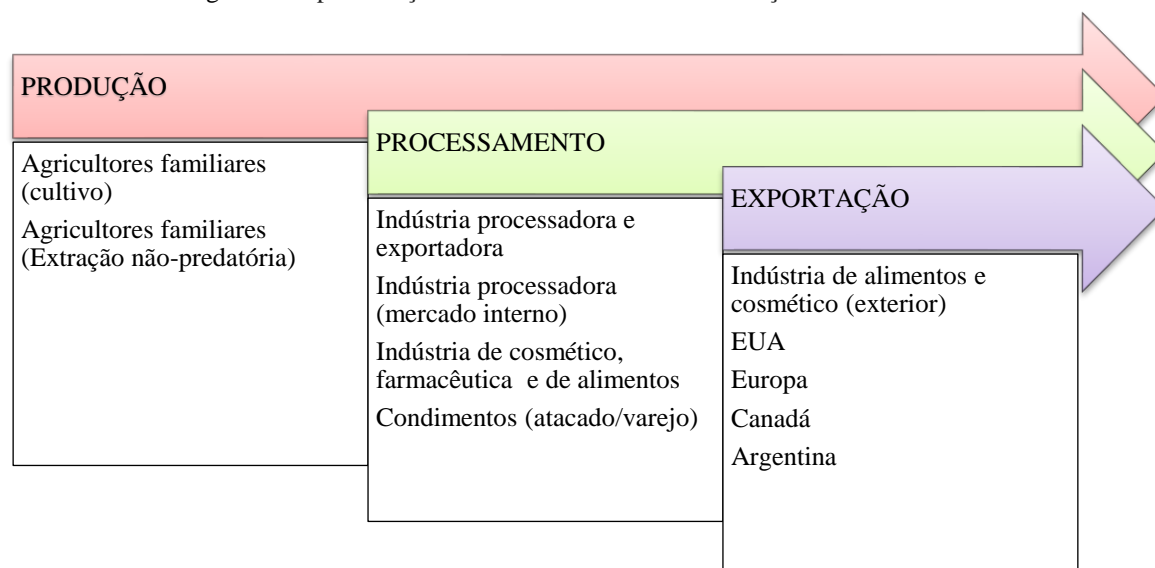
Apesar do sistema de produção ainda rudimentar, nota-se uma grande perspectiva de mercado e um elevado

potencial para o manejo sustentável, o que pode garantir a complementação de renda para comunidades tradicionais que têm na colheita da pimenta rosa fonte de emprego e renda nos períodos de safra, além de produtores e indústrias que identifiquem este fruto como opção rentável de negócio.

O conhecimento sobre os teores de fenólicos totais e capacidade de sequestro de radicais livres da pimenta rosa possibilita identificar seu potencial para consumo como alimento funcional, além de estender seu uso como conservante natural de alimentos, a fim de ampliar a vida de prateleira de produtos, com redução da formação de produtos da oxidação de lipídios. Assim, configura-se uma alternativa para geração de renda aos produtores rurais, considerando o crescente interesse por novas potencialidades de aplicação da espécie.

potencial para o manejo sustentável, o que pode garantir a complementação de renda para comunidades tradicionais que têm na colheita da pimenta rosa fonte de emprego e renda nos períodos de safra, além de produtores e indústrias que identifiquem este fruto como opção rentável de negócio.

Figura 1. Representação dos Elos do Sistema de Produção da Pimenta Rosa



CONCLUSÕES

A pimenta rosa contém teores apreciáveis de compostos fenólicos, com variação na extração de acordo com a polaridade do sistema extrator utilizado, com maior recuperação com a elevação da polaridade.

O sistema de extração influenciou a composição dos extratos (qualitativo) de forma que a capacidade variou de acordo com o mecanismo empregado em cada método, independentemente da quantificação de compostos fenólicos.

A adição de pimenta rosa a hambúrgueres de tilápias pode representar uma alternativa eficaz para o controle da formação de produtos secundários da oxidação lipídica.

Em todos os processamentos térmicos analisados, a adição de pimenta rosa aos hambúrgueres de tilápias resultou em valores de TBARS inferiores ou similares aos determinados nas amostras cruas adicionadas de pimenta rosa.

Todos os elos do sistema de produção da pimenta rosa são passíveis de atuação e devem contribuir para a manutenção da qualidade dos frutos, fator importante para a aplicação destes nos diferentes modos de aplicação.

O elevado potencial de exploração e uso da pimenta rosa destaca a importância desta espécie para a geração de renda na agricultura familiar e para a agroindústria brasileira.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA BANDEIRA, M. D. G.; NASCIMENTO, J. S. Estudo Prospectivo Relativo À Atividade Da Tilápia Para a Indústria De Alimentos No Período De 2006 a 2016. Cadernos de Prospecção, v. 10, n. 3, p. 552, 2017.
- BARRIUSO, B., ASTIASARÁN, I., & ANSORENA, D. A review of analytical methods measuring lipid oxidation status in foods: a challenging task. European Food Research and Technology, 236(1), 1-15, 2013.

- BARRIUSO, B., ANSORENA, D., E ASTIASARÁN, I. Oxysterols formation: a review of a multifactorial process. *The Journal of Steroid Biochemistry and Molecular Biology*, 169, 39-45, 2017.
- BERTOLDI, M. C. Atividade antioxidante in vitro da fração fenólica, das oleorresinas e do óleo essencial da pimenta rosa (*Schinus terebinthifolius* Raddi). 2006. 96f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2015
- CAMPOS, G. M.; OLIVEIRA, D. M. N. M.; CAVALCANTI, R. S.; MOTA, R. A.; LIMA, E. R. Avaliação da atividade antimicrobiana in vivo do óleo essencial de aroeira (*Schinus terebinthifolius*, Raddi), em cães com otite externa. *Anais do X Jornada de Ensino, Pesquisa e Extensão*, Recife, 2010.
- DA SILVA DANNENBERG, G., FUNCK, G. D., MATTEI, F. J., DA SILVA, W. P., E FIORENTINI, Â. M. Antimicrobial and antioxidant activity of essential oil from pink pepper tree (*Schinus terebinthifolius* Raddi) in vitro and in cheese experimentally contaminated with *Listeria monocytogenes*. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 36, 120-127, 2016.
- DA SILVA DANNENBERG, G., FUNCK, G. D., DA SILVA, W. P., e FIORENTINI, Â. M. Essential oil from pink pepper (*Schinus terebinthifolius* Raddi): Chemical composition, antibacterial activity and mechanism of action. *Food Control*, 95, 115-120. 2019.
- DE ARAUJO GOMES, R. B., DE SOUZA, E. S., BARRAQUI, N. S. G., TOSTA, C. L., NUNES, A. P. F., SCHUENCK, R. P., E KUSTER, R. M. Residues from the Brazilian pepper tree (*Schinus terebinthifolia* Raddi) processing industry: Chemical profile and antimicrobial activity of extracts against hospital bacteria. *Industrial Crops and Products*, 143, 11143, 2020.
- DE LIMA GLÓRIA, L., DE SOUZA ARANTES, M. B., DE FARIA PEREIRA, S. M., DE SOUZA VIEIRA, G., MARTINS, C. X., DE CARVALHO JUNIOR, A. R., ANTUNES, F., BRAZ-FILHO, R., VIEIRA, I. J. C., DA CRUZ, L. L., DE ALMEIDA CHAVES, D. S., DE PAIVA FREITAS, S.; DE OLIVEIRA, D. B.. Phenolic compounds present schinus terebinthifolius raddi influence the lowering of blood pressure in rats. *Molecules*, 22(10), 2017.
- DE OLIVEIRA, V. S., AUGUSTA, I. M., DA CONCEIÇÃO BRAZ, M. V., RIGER, C. J., PRUDÊNCIO, E. R., SAWAYA, A. C. H. F.; SALDANHA, T. Aroeira fruit (*Schinus terebinthifolius* Raddi) as a natural antioxidant: Chemical constituents, bioactive compounds and in vitro and in vivo antioxidant capacity. *Food chemistry*, 315, 126274, 2020a.
- DE OLIVEIRA, V. S., CHÁVES, D. W. H., GAMALLO, O. D., SAWAYA, A. C. H. F., SAMPAIO, G. R., CASTRO, R. N., SALDANHA, T. Effect of aroeira (*Schinus terebinthifolius* Raddi) fruit against polyunsaturated fatty acids and cholesterol thermo-oxidation in model systems containing sardine oil (*Sardinella brasiliensis*). *Food Research International*, 132, 109091, 2020b.
- DE OLIVEIRA, R. F., DA COSTA HENRY, F., DO VALLE, F., DE OLIVEIRA, D. B., DO SANTOS JUNIOR, A. C., DE RESENDE, E. D., e MARTINS, M. L. L. Effect of the fruit aqueous extract of Brazilian pepper tree (*Schinus terebinthifolius*, Raddi) on selected quality parameters of frozen fresh pork sausage. *Journal of Agriculture and Food Research*, 2, 100055, 2020c.
- DOS SANTOS OLIVEIRA, M. B., VALENTIM, I. B., DOS SANTOS ROCHA, T., SANTOS, J. C., PIRES, K. S. N., TANABE, E. L. L., e GOULART, M. O. F. *Schinus terebinthifolius* Raddi extracts: from sunscreen activity toward protection of the placenta to Zika virus infection, new uses for a well-known medicinal plant. *Industrial Crops and Products*, 112503, 2020.
- EMBUSCADO, M. E. Bioactives from culinary spices and herbs: a review. *Journal of Food Bioactives*, 6, 68-99, 2019.
- ENNIGROU, A.; CASABIANCA, H.; LAARIF, A.; HANCHI, B.; HOSNI, K. Maturation-related changes in phytochemicals and biological activities of the Brazilian pepper tree (*Schinus terebinthifolius* Raddi) fruits. *South African Journal of Botany*, 108, 407, 2017.
- FERIANI, A., TIR, M., MUFTI, A., CARAVACA, A. M. G., DEL MAR CONTRERAS, M., TAAMALLI, A., E TLILI, N. HPLC-ESI-QTOF-MS/MS profiling and therapeutic effects of *Schinus terebinthifolius* and *Schinus molle* fruits: investigation of their antioxidant, antidiabetic, anti-inflammatory and antinociceptive properties. *Inflammopharmacology*, 1-15, 2021.
- FORTUNATO, A. R., MONTEIRO, M. L. G., DA COSTA-LIMA, B. R. C., CUNHA, L. C. M., GUEDES-OLIVEIRA, J. M., E CONTE-JUNIOR, C. A. Effect of Brazilian pepper (*Schinus terebinthifolius* Raddi) extracts on color and oxidative stability of sardine patties stored under refrigeration. *Journal of Food Processing and Preservation*, 43(11), e14187, 2019.
- FU, Z. F., TU, Z. C., ZHANG, L., WANG, H., WEN, Q. H., HUANG, T. Antioxidant activities and polyphenols of sweet potato (*Ipomoea batatas* L.) leaves extracted with solvents of various polarities. *Food Bioscience*, 15, 11-18, 2016.
- GOMES, L. J., SILVA-MANN, R., MATTOS, P. P. DE, & RABBANI, A. R. C. Pensando a biodiversidade: aroeira (*Schinus terebinthifolius* Raddi.). In *Pensando a biodiversidade: aroeira (Schinus terebinthifolius Raddi.)*. Editora UFS., 2013.
- GONÇALVES, J. H. T.; SANTOS, A. S.; MORAIS, H. A. Atividade antioxidante, compostos fenólicos totais e triagem fitoquímica de ervas condimentares desidratadas. *Revista da Universidade Vale Do Rio Verde*, p. 486-497, 2015.
- KAPTAN, B.; GT, S. Utilization of Medicinal and Aromatic Plants in Dairy Products. v. 1, n. 2, p. 14-19, 2018.
- KUNDAN OJHA, SATISH DUBEY, JAGRITI CHANDRAKAR, ROBIN ANIGO MINJ, RASHMI DEHARIYA, A. K. D. a Review on Different Methods of Determination of Antioxidant Activity Assay of Herbal Plants. *Research Journal of Life sciences, Bioinformatics, Pharmaceutical and Chemical Sciences* , v. 4, n. 6, p. 707-712, 2018.
- LAGUERRE, Mickaël; LECOMTE, Jérôme; VILLENEUVE, Pierre. Evaluation of the ability of antioxidants to counteract lipid oxidation: Existing methods, new trends and challenges. *Progress in Lipid Research*, v. 46, n. 5, p. 244-282, 2007.
- MENEGALI, B. S., SELANI, M. M., SALDAÑA, E., PATINHO, I., DINIZ, J. P., MELO, P. S., E CONTRERAS-CASTILLO, C. J. Pink pepper extract as a natural antioxidant in chicken burger: Effects on oxidative stability and dynamic sensory profile using Temporal Dominance of Sensations. *LWT*, 121, 108986, 2020.
- MERLO, T. C., CONTRERAS-CASTILLO, C. J., SALDAÑA, E., BARANCELLI, G. V., DARGELIO, M. D.

- B., YOSHIDA, C. M. P., RIBEIRO JUNIOR, E. E., MASSARIOLI, A., e VENTURINI, A. C. Incorporation of pink pepper residue extract into chitosan film combined with a modified atmosphere packaging: Effects on the shelf life of salmon fillets. *Food Research International*, v. 125, 2019.
- MILANEZ, A. Y. Potencial e barreiras para a exportação de carne de tilápias pelo Brasil. *BNDDES Set.*, v. 25, n. 49, p. 155–213, 2019.
- OLIVEIRA, V. B., YAMADA, L. T., FAGG, C. W., & BRANDÃO, M. G. L. Native foods from Brazilian biodiversity as a source of bioactive compounds. *Food Research International*, v. 48, n. 1, p. 170–179, 2012.
- PAGANI, A. A. C., DE SOUZA, A. L. G., SOUZA, D. S., BATISTA, R. A., XAVIER, A. C. R., e PAGANI, G. D. Quantification of bioactive compounds of pink pepper (*Schinus Terebinthifolius*, Raddi). *International Journal of Engineering and Innovative Technology*, 4, 37-41, 2014.
- PATOCKA, J., e DE ALMEIDA, J. D Brazilian pepper tree: Review of pharmacology. *Mil. Med. Sci. Lett. [Internet]*, 86(1), 32-41, .2017.
- QUETTIER-DELEU, C.; GRESSIER, B.; VASSEUR, J.; DINE, T.; BRUNET, C.; LUYCKX, M.; CAZIN, M.; CAZIN, J.-C.; BAILLEUL, F.; TROTIN, F. Phenolics compounds and antioxidant activities of buckwheat (*Fagopyrum esculentum Moench*) hulls and flour. *Journal Ethnopharmacology*, 72, 35, 2000.
- RUFINO, M. S. M.; ALVES, R. E.; BRITO, E. S.; MORAIS, S. M.; SAMPAIO, C. G.; PÉREZ-JIMÉNEZ, J.; SAURACALIXTO, F. D. Metodologia científica: Determinação da atividade antioxidante total em frutas pelo método de redução do ferro (FRAP). *Comunicado técnico on line 125*. Embrapa Fortaleza, 2006.
- RUFINO, M. S. M.; ALVES, R. E.; BRITO, E. S.; MORAIS, S. M.; SAMPAIO, C. G.; PÉREZ-JIMÉNEZ, J.; SAURACALIXTO, F. D. Metodologia científica: Determinação da atividade antioxidante total em frutas pela captura do radical livre DPPH. *Comunicado técnico on line 127*. Embrapa Fortaleza, 2007.
- RUSSO, D., BALISTRERI, C., TAPANES-CASTILLO, A., e PINA, M. Preliminary Antioxidant Activity Analysis of Brazilian Pepper Tree (*Schinus terebinthifolius*) Extracts via TLC, FRAP, and DPPH. *International Conference Series on Multidisciplinary Sciences*, 1, 1-3, 2017.
- SALDANHA, T., BENASSI, M. T., e BRAGAGNOLO, N. Fatty acid contents evolution and cholesterol oxides formation in Brazilian sardines (*Sardinella brasiliensis*) as a result of frozen storage followed by grilling. *LWT-Food Science and Technology*, 41(7), 1301-1309, 2008.
- SHARIFI-RAD, M., ANIL KUMAR, N. V., ZUCCA, P., VARONI, E. M., DINI, L., PANZARINI, E., E PRAKASH MISHRA, A. Lifestyle, oxidative stress, and antioxidants: back and forth in the pathophysiology of chronic diseases. *Frontiers in Physiology*, 11, 694, 2020.
- SILVA, M. A.; SOUSA, PESSOTI, B. M. S.; ZANINI, S. F.; COLNAGON, G. L.; NUNES, L. C.; RODRIGUES, M. R. A.; FERREIRA, L. Óleo essencial de aroeira-vermelha como aditivo na ração de frangos de corte. *Ciência Rural*, Santa Maria, On line. Disponível em: <www.scielo.br/pdf/cr/v41n4/a923cr3695.pdf>. Acesso em: 30.11.2011, 2011.
- SERRANO-LEÓN, J. S., BERGAMASCHI, K. B., YOSHIDA, C. M. P., SALDAÑA, E., SELANI, M. M., RIOS-MERA, J. D., ALENCAR, S. M., & CONTRERAS-CASTILLO, C. J. Chitosan active films containing agro-industrial residue extracts for shelf life extension of chicken restructured product. *Food Research International*, v. 108, p. 93–100, 2018.
- YU, J., AHMEDNA, M., e 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*, 45(7), 1337–1344, 2010.