










# Efeito do óleo essencial de *Mentha piperita* na conservação de carne refrigerada do peixe híbrido tambatinga

## Effect of *Mentha piperita* essential oil in the conservation of refrigerated hybrid fish tambatinga meat

Alexandra Pretto\*<sup>1</sup> , Jane Mello Lopes<sup>2</sup> , Iara Reis Marinho<sup>2</sup> , Izumy Pinheiro Doihara<sup>2</sup> , Thaisa Sales Costa<sup>3</sup> , Claudener Souza Teixeira<sup>4</sup> , Odair dos Santos Monteiro<sup>5</sup> 

<sup>1</sup> Universidade Federal do Pampa (UNIPAMPA), Uruguaiana, Rio Grande do Sul, Brasil

<sup>2</sup> Universidade Federal do Maranhão (UFMA), Chapadinha, Maranhão, Brasil

<sup>3</sup> Universidade Federal do Vale do São Francisco, UNIVASF, Petrolina, Pernambuco, Brasil

<sup>4</sup> Universidade Federal do Cariri (UFCA), Crato, Ceará, Brasil

<sup>5</sup> Universidade Federal do Maranhão (UFMA), São Luís, Maranhão, Brasil

\*autor correspondente: alexandrapretto@unipampa.edu.br

**Resumo:** A busca por alimentos mais seguros levou a uma maior atenção da pesquisa para encontrar alternativas naturais aos aditivos sintéticos usados na indústria alimentícia. Os conservantes naturais, como os óleos essenciais (OE) de plantas, podem aumentar a conservação dos peixes e até afetar positivamente a saúde humana. Portanto, o objetivo do estudo foi avaliar o efeito do OE de *Mentha piperita* nas características físico-químicas e concentração de microrganismos em carne resfriada de tambatinga (*Colossoma macropomum* × *Piaractus brachypomum*). O OE de *M. piperita* foi preparado em três concentrações (0%, 0,25% e 0,50%) em solução contendo água destilada, propilenoglicol e Tween. As amostras de carne permaneceram imersas nesta solução por 60 min; em seguida, foram acondicionados em embalagens plásticas e armazenados sob refrigeração ( $\pm 0,4^{\circ}\text{C}$ ) por 14 dias. Durante esse armazenamento foram determinados pH, bases nitrogenadas voláteis totais (BNVT), peróxidos, substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS) e contagens de microrganismos mesófilos aeróbios estritos e facultativos. Os principais constituintes encontrados no OE de *M. piperita* foram geranial (32,28%), neral (18,64%) e ácido gerânico (6,98%). Nenhuma das concentrações de OE afetou as BNVT, mas houve algumas alterações no pH. Tanto 0,25% quanto 0,50% de OE reduziram a formação de peróxidos e TBARS. O crescimento de microrganismos foi reduzido no tratamento com 0,50% de OE. Com base nos resultados, a concentração de 0,50% de OE foi mais eficaz na redução da deterioração da carne mantida refrigerada por até 14 dias.

**Palavras-chave:** Carne de peixe; oxidação lipídica; deterioração microbiana; conservantes naturais; vida de prateleira

**Abstract:** The search for safer foods has led to increased research attention to discover natural alternatives to synthetic additives that are used in the food industry. Natural preservatives, such as essential oils (EOs) from plants, could increase fish conservation and even positively affect human health. Therefore, the objective of the study was to evaluate the effect of *Mentha piperita* EO on

Recebido: 12 de julho, 2023. Aceito: 02 de outubro, 2023. Publicado: 20 de dezembro, 2023.

the physicochemical characteristics and concentration of microorganisms in chilled tambatinga (*Colossoma macropomum* × *Piaractus brachypomum*) meat. *Mentha piperita* EO was prepared at three concentrations (0%, 0.25% and 0.50%) in a solution containing distilled water, propylene glycol and Tween. The meat samples remained immersed in this solution for 60 min; then, they were packed in plastic packages and stored under refrigeration ( $\pm 0.4$  °C) for 14 days. During this storage, pH, total volatile nitrogenous bases (TVB-N), peroxides, thiobarbituric acid reactive substances (TBARS) and counts of strict and facultative aerobic mesophilic microorganisms were determined. The major constituents found in *M. piperita* EO were geranial (32.28%), neral (18.64%) and geranic acid (6.98%). None of the EO concentrations affected TVB-N, but there were some changes to the pH. Both 0.25% and 0.50% EO reduced the formation of peroxides and TBARS. The growth of microorganisms was reduced by treatment with 0.50% EO. Based on the findings, 0.50% EO was more effective in reducing the deterioration of meat kept refrigerated for up to 14 days.

**Keywords:** Fish meat; lipid oxidation; microbial spoilage; natural preservatives; shelf life

## 1. Introdução

Peixes, crustáceos e moluscos são alimentos nutricionalmente valiosos porque contêm proteínas de alta qualidade, lipídeos e minerais. O consumo destes alimentos é correlacionado com aumento na saúde e expectativa de vida das populações<sup>(1,2)</sup>. No Brasil, entre as espécies mais criadas estão *Oreochromis niloticus* (tilapia do Nilo) e espécies nativas como *Colossoma macropomum* (tambaqui), *Piaractus mesopotamicus* (pacu) e *Arapaima gigas* (pirarucu)<sup>(3)</sup>. Tambatinga, a espécie utilizada neste estudo, é um híbrido desenvolvido a partir do cruzamento das espécies nativas *C. macropomum* e *Piaractus brachypomus* (pirapitinga) e tem crescimento superior e taxas de produtividade maiores do que seus genitores, e por essa razão tem se tornado uma importante espécie no cenário de produção de peixes no Norte e Nordeste do Brasil<sup>(4,5)</sup>.

A carne de pescado, comercializada de diferentes formas, é o produto final da pesca e da piscicultura, exigindo cuidados desde a captura do pescado até sua distribuição, com atenção especial aos aspectos sanitários, condições de armazenamento e conservação do produto<sup>(6)</sup>. O peixe fresco é uma carne muito perecível e tem uma vida útil curta, pois vários processos como a degradação das proteínas, a oxidação da gordura e a decomposição por micróbios ou por enzimas endógenas contribuem para a deterioração da carne<sup>(7,8)</sup>. Por esta razão, são necessários um ou mais métodos de conservação adequados para manter a segurança e a qualidade e prolongar a vida útil de tais produtos<sup>(9)</sup>. Neste sentido, a utilização de processos que reduzam os eventos oxidativos (formação de hidroperóxidos, aldeídos, alcanos, dienos conjugados) e a deterioração dos peixes (formação de aminas biogênicas, alterações sensoriais, descoloração, perda de nutrientes e água) pode melhorar a sua conservação<sup>(10,11,12)</sup>. A aplicação de antioxidantes sintéticos como o hidroxitolueno butilado (BHT), o hidroxianisol butilado (BHA), o sorbato e o benzoato, habitualmente utilizados para aumentar a estabilidade oxidativa de peixes e produtos derivados, agora está sendo desencorajada devido ao risco de doenças que eles podem causar<sup>(12,13)</sup>. Por outro lado,

substâncias de origem natural (extraídas de especiarias ou ervas) como os óleos essenciais (OEs) têm recebido especial atenção na indústria alimentícia e na nutrição humana, por apresentarem moléculas capazes de reduzir a decomposição química e microbiológica da carne de peixes e formulações derivadas <sup>(10,2)</sup>. Compostos fenólicos como timol, eugenol, ácido rosmarínico, carvacrol, gingerol, mentol e citral, entre outras moléculas presentes nos OEs, possuem ação antimicrobiana e antioxidante que são de interesse para a indústria alimentícia <sup>(13,14)</sup>.

Em alguns estudos, os principais constituintes encontrados no OE de *Mentha piperita* foram mentol, mentona e acetato de mentila e essas moléculas revelaram significativa atividade antimicrobiana contra bactérias e fungos patogênicos em humanos <sup>(15)</sup> e também contra bactérias e parasitas em peixes <sup>(16,17)</sup>. O óleo essencial de hortelã pimenta aplicado em filés de *Sciaenops ocellatus* na forma de vapor evita a quebra de proteínas e a formação de aminas biogênicas e diminui o desenvolvimento de microrganismos em peixes refrigerados <sup>(18)</sup>. Assim, esses conservantes naturais, como os OE, poderiam atender perfeitamente à crescente demanda dos consumidores por produtos com rótulo limpo, frescos e livres de aditivos químicos.

Portanto, no presente estudo, nós objetivamos avaliar o efeito do OE de *M. piperita* em solução aplicada em filés de tambatinga, um peixe de água doce, sobre as características físico-químicas e concentração total de microrganismos na carne mantida refrigerada.

## 2. Material e métodos

Todos os procedimentos adotados neste estudo em relação aos animais foram aprovados pela Comissão de Ética no Uso de Animais da Universidade Federal do Pampa (protocolo N° 004/2019).

### 2.1 Óleo essencial

O OE de *M. piperita* utilizado neste estudo foi fornecido pela Vimontti (Santa Maria, Rio Grande do Sul, Brasil). O óleo foi analisado em cromatógrafo gasoso acoplado a espectrofotômetro de massas (GCMS; QP2010, Shimadzu, Tóquio, Japão), equipado com software GCMS. A identificação dos componentes baseou-se no tempo e índice de retenção linear (série de n-alcenos C8-C40), na interpretação e comparação dos espectros de massa obtidos com Adams <sup>(19)</sup>, Bibliotecas NIST <sup>(20)</sup> and FFNSC 2 descritas detalhadamente por Fernandes <sup>(21)</sup>.

### 2.2 Peixes e preparação das amostras

O estudo foi conduzido no Laboratório de Piscicultura da Universidade Federal do Maranhão, Campus Chapadinha. Exemplares de tambatinga ( $310 \pm 11,4$  g and  $26,05 \pm 3,15$  cm) foram mantidos em um tanque para depuração (densidade de  $11,7 \text{ kg m}^{-3}$ ) por 48 h. Neste processo, a taxa de renovação média da água foi de  $6 \text{ L min}^{-1}$ . Além disso, o oxigênio

dissolvido e a temperatura da água foram analisados diariamente, e os valores médios encontrados foram  $5,87 \pm 0,05 \text{ mg L}^{-1}$  e  $28,50 \pm 0,86^\circ\text{C}$ , respectivamente.

Ao final do período de depuração, os peixes foram abatidos por hipotermia (água:gelo 1:1) e pesados para cálculo da perda de peso (%). Houve redução de 4,9% no peso dos peixes. O filé foi retirado e pesado para cálculo do rendimento (peso do filé/peso total do peixe  $\times$  100). Obteve-se rendimento de filé de 34,8%. O filé foi lavado em água corrente e depois em água contendo 10 ppm de cloro.

### 2.3 Preparação e aplicação de OE em amostra de carne de peixe

Amostras de filé foram separadas ( $750 \text{ g tratamento}^{-1}$ , em duplicata) e expostas a uma solução contendo diferentes concentrações de OE: 0% (controle), 0,25% ou 0,50%. O OE, que tinha densidade de  $0,85 \text{ g mL}^{-1}$ , foi diluído e emulsionado em solução contendo 80% de água destilada, 20% de propilenoglicol e 0,05% de Tween. As amostras de carne permaneceram imersas em 1,5 L de solução por 60 min. Esse intervalo de tempo foi escolhido com base no estudo de Dang <sup>(22)</sup>. Após a exposição, as amostras foram drenadas em grade por 5 min, acondicionadas em embalagens plásticas e armazenadas sob refrigeração a  $\pm 0,4^\circ\text{C}$  para futuras análises dos parâmetros de qualidade da carne.

### 2.4 Análises físico-químicas

Nos dias 0 (inicial), 7 e 14 dias de refrigeração ( $\pm 0,4^\circ\text{C}$ ), o pH (potencial hidrogeniônico) das amostras foi analisado por meio de pHmetro portátil de carne previamente calibrado (Akso Produtos Eletrônicos, Rio Grande do Sul, Brasil). As bases nitrogenadas voláteis totais (BNVT) foram determinadas conforme descrito por by Savay da Silva <sup>(23)</sup>. O nitrogênio proteico foi precipitado com ácido tricloroacético. O material filtrado contendo o nitrogênio volátil foi alcalinizado, recebido em solução de ácido bórico e indicador misto (vermelho de metila e verde de bromocresol) e titulado com solução padronizada de ácido sulfúrico.

Os peróxidos foram medidos de acordo com Chapman and Mackay <sup>(24)</sup>. A gordura foi extraída dos filés e dissolvida ( $200 \mu\text{L}$ ) em solução de benzeno:metanol (70:30, v/v), seguida da adição de tiocianato de amônio 30% ( $10 \mu\text{L}$ ) e cloreto ferroso ( $10 \mu\text{L}$ ). As amostras foram incubadas ( $50^\circ\text{C}$  por 2 min) e a absorvância foi avaliada a 520 nm. Os resultados foram calculados a partir da curva padrão da solução de ferro ( $0,7$  a  $7,1 \mu\text{mol}$ ).

As substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS) foram avaliadas de acordo com Buege and Aust <sup>(25)</sup>. A amostra (1 g) foi homogeneizada em solução de cloreto de potássio 1,15% (1:5, p/v) e centrifugada a 3.000 rpm por 10 min. O sobrenadante ( $0,75 \text{ mL}$ ) foi incubado em banho-maria ( $100^\circ\text{C}$  por 15 min) com solução de ácido tricloroacético a 30% e ácido tiobarbitúrico a 0,67%. Em seguida, foi adicionado álcool n-butílico ( $1,5 \text{ mL}$ ) para extrair o produto colorido. A absorvância foi medida a 535 nm. Os resultados foram calculados a partir da curva padrão da solução de malonildialdeído (MDA) ( $0,6$  a  $12 \text{ nmol}$ ).

## 2.5 Análises microbiológicas

A contagem padrão de microrganismos mesófilos aeróbios estritos e facultativos nos filés foi realizada conforme metodologia proposta pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento <sup>(26)</sup>: 25 g de amostra foram diluídos e homogeneizados em solução salina peptonada 0,1% (1:10 p/v). Uma amostra (1 mL) de cada diluição ( $10^{-1}$ ,  $10^{-2}$  e  $10^{-3}$ ) foi pipetada na superfície das placas contendo o meio de cultura ágar para contagem (PCA), em duplicata. As placas foram incubadas por 48 horas a 36°C e em seguida foram contadas as colônias formadas. Os resultados são expressos em unidades formadoras de colônias (CFU) g<sup>-1</sup>.

## 2.6 Análise estatística

Os dados foram submetidos ao teste de normalidade, seguido de análise de variância de duas vias (ANOVA) (os fatores foram concentração de óleo essencial e tempo de refrigeração). As médias foram comparadas pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ), utilizando o programa estatístico Statistica 7.0.

## 3. Resultados

### 3.1 Composição química do OE

Ao analisar a composição química foi possível identificar os constituintes majoritários do OE, com destaque para o citral, que é uma mistura dos isômeros neral (18,51%) e geranial (32,05%), que juntos representaram 58% da composição. Também foi possível identificar uma mistura de ácido nerânico e ácido gerânico (cerca de 7,83%). Foram encontradas baixas concentrações de piperitona (0,44%), 6-metil heptenona (0,13%) e sabineno (0,09%). Devido à alta concentração de citral no OE, há fortes indícios de que sua atividade biológica seja atribuída a essa mistura de isômeros.

### 3.2 Análises físico-químicas

Houve redução do pH nas amostras de filé expostas a 0,25 e 0,50% de OE no período inicial de avaliação (Tabela 1). Após 7 dias, esta redução só foi observada nas amostras expostas a 0,25% de OE%. As amostras de filé expostas ao controle (0%) e 0,50% OE apresentaram pH mais elevado. Após 14 dias de refrigeração, as amostras tratadas com 0,50% de OE apresentaram pH mais baixo; não diferindo significativamente das amostras do tratamento controle, mas significativamente menor que as amostras tratadas com 0,25% de OE (Tabela 1).

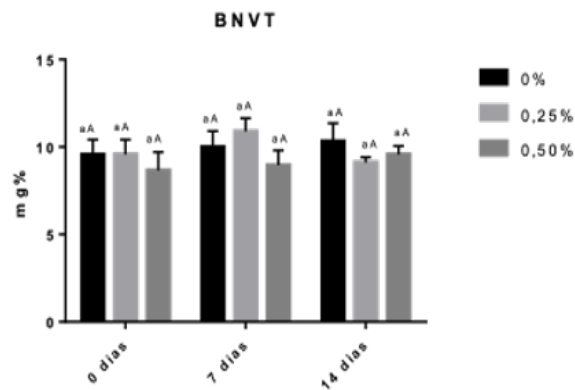
**Tabela 1.** pH de filés de tambatinga mantidos sob refrigeração, após aplicação de óleo essencial (OE) de *Mentha piperita*

Dias de refrigeração	Concentrações de OE		
	0%	0,25%	0,50%
0	6,36 ± 0,04 <sup>bb</sup>	6,28 ± 0,03 <sup>ba</sup>	6,23 ± 0,06 <sup>ba</sup>

7	6,29 ± 0,04 <sup>abA</sup>	6,23 ± 0,01 <sup>aA</sup>	6,30 ± 0,01 <sup>bB</sup>
14	6,24 ± 0,01 <sup>aA</sup>	6,35 ± 0,01 <sup>bB</sup>	6,21 ± 0,01 <sup>aA</sup>

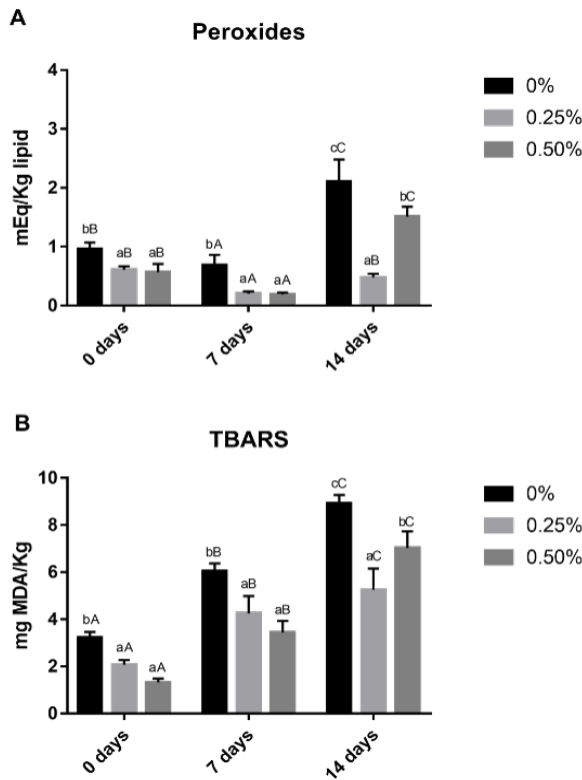
Os resultados são expressos como média ± desvio padrão (n = 4). Letras minúsculas indicam diferenças significativas entre os tratamentos dentro do período de armazenamento (dias de refrigeração) pelo teste de Tukey (p < 0,05). Letras maiúsculas indicam diferenças significativas ao longo dos períodos de armazenamento dentro do mesmo tratamento pelo teste de Tukey (p < 0,05).

A concentração de BNVT não foi alterada nos filés expostos ao OE em relação à carne do tratamento controle (0% OE), em nenhum dos períodos de refrigeração avaliados. A concentração de BNVT também não se alterou nos tratamentos com o passar do tempo de refrigeração (Figura 1). No início do estudo, os valores variaram entre 8,68 e 9,57 mg %<sup>-1</sup>. Após 7 dias sob refrigeração, o teor de BNVT variou de 8,97 a 10,89 mg %<sup>-1</sup> e na avaliação final, aos 14 dias, os valores variaram de 9,12 a 10,33 mg %<sup>-1</sup>.



**Figura 1.** BNVT de filés de tambatinga mantidos sob refrigeração, após aplicação de OE de *Mentha piperita*. Os resultados são expressos como média ± desvio padrão (n = 4). Letras minúsculas indicam diferenças significativas entre os tratamentos dentro do período de armazenamento (dias de refrigeração) pelo teste de Tukey (p < 0,05). Letras maiúsculas indicam diferenças significativas ao longo dos períodos de armazenamento dentro do mesmo tratamento pelo teste de Tukey (p < 0,05).

Em relação aos produtos da oxidação da gordura, o teor de peróxidos foi reduzido nas carnes expostas a ambas as concentrações de OE em comparação às amostras do tratamento controle (0% OE), no período inicial e após 7 e 14 dias sob refrigeração (Figura 2A). Na avaliação inicial, o teor de peróxido encontrado no tratamento controle foi de 0,96 ± 0,11 mEq kg lipídio<sup>-1</sup>. Na carne exposta ao OE foram observados valores de 0,61 ± 0,06 mEq kg lipídio<sup>-1</sup> (tratamento 0,25%) e 0,57 ± 0,14 mEq kg lipídio<sup>-1</sup> (tratamento 0,50%). De modo geral, essas moléculas aumentaram com o tempo de armazenamento da carne, com exceção da avaliação aos 7 dias de refrigeração, na qual foram encontrados menores valores de peróxidos em todos os tratamentos (em torno de 0,20 mEq kg lipídio<sup>-1</sup>).



**Figura 2.** Peróxidos (A) e TBARS (B) de filés de tambatinga mantidos sob refrigeração, após aplicação de OE de *Mentha piperita*. Os resultados são expressos como média ± desvio padrão (n = 6). Letras minúsculas indicam diferenças significativas entre os tratamentos dentro do período de armazenamento (dias de refrigeração) pelo teste de Tukey (p < 0,05). Letras maiúsculas indicam diferenças significativas ao longo dos períodos de armazenamento dentro do mesmo tratamento pelo teste de Tukey (p < 0,05).

Da mesma forma, a concentração de TBARS nos filés de tambatinga foi reduzida pela exposição ao OE, para todos os períodos de refrigeração avaliados (Figura 2B). Na avaliação inicial, os valores encontrados na carne (mg MDA kg<sup>-1</sup>) foram: 3,21 ± 0,25 para o tratamento controle; 2,07 ± 0,20 para o tratamento com 0,25% de OE; e 1,32 ± 0,17 no tratamento com 0,50% de OE. Com o decorrer do período de refrigeração, a concentração de TBARS aumentou em todos os tratamentos, mas de forma menos acentuada nos filés expostos ao OE de *M. piperita* (Figura 2B).

### 3.3 Análises microbiológicas

Houve menos colônias nos filés expostos a 0,50% de OE durante todos os períodos de armazenamento refrigerado (Tabela 2).

**Tabela 2.** Contagem de micro-organismos mesófilos aeróbios estritos e facultativos em filés de tambatinga mantidos sob refrigeração, após aplicação de OE de *Mentha piperita*

Dias de refrigeração	Concentrações de OE		
	0%	0,25%	0,50%
0	2900	2675	605
7	3500	1550	448
14	3125	4750	1675

Os dados de contagem de micro-organismos são apresentados como unidades formadoras de colônias g<sup>-1</sup> (n = 2).

## 4. Discussão

Os principais constituintes encontrados no OE de *M. piperita* utilizado no presente estudo foram geranial, neral e ácido gerânico. Ácido nerânico, piperitona e sabineno estiveram presentes em baixas concentrações. O óleo foi extraído de uma planta cultivada no Sul do Brasil (RS) e a caracterização dos constituintes e seu conteúdo difere daqueles encontrados no OE de duas variedades de *M. piperita* cultivadas no Nordeste do Brasil (Ceará). Para a variedade menta chocolate, os principais constituintes encontrados foram mentofurano (23,7%), mentona (17,2%), D-neo isomentol (14,3%) e pulegona (10,7%). Para a variedade hortelã toranja, foram identificados acetato de linalila (51,3%) e linalol (25,4%) em concentrações mais elevadas <sup>(27)</sup>. Os mesmos autores também observaram que outras espécies de *Mentha* (*M. aquatica*, *M. spicata* (mentol), folhas de hortelã e variedades de hortelã cultivadas localmente) tinham carvona (31–58%) e limoneno (20–37%) como constituintes principais. Em outro estudo, Chagas <sup>(28)</sup> relatou maiores concentrações de mentol (33,8%), mentona (15,2%), acetato de mentila (13%) e pulegona (8,3%) no OE de *M. piperita* cultivado no norte do Brasil (Manaus), enquanto foram observadas baixas concentrações de geranial (1,1%), neral (1,3%), piperitona (1,6%) e sabineno (0,2%) nessa amostra. Os autores relatam que fatores ambientais como altitude, solo, temperatura, luz, fertilização e interações com predadores são condições que influenciam as vias metabólicas nas plantas e podem alterar a composição do OE <sup>(29,30)</sup>. Além disso, aspectos como origem geográfica da planta, genótipo, idade e ciclo vegetativo, além do órgão vegetal e método de extração utilizados podem causar variações significativas na composição encontrada <sup>(31)</sup>.

Geranial (alfa-citral) e neral (beta-citral) são os dois aldeídos isoméricos que compõem o citral, um monoterpene que ocorre naturalmente em ervas, plantas e frutas cítricas <sup>(32,33)</sup>. O citral (3, 7-dimetil-2,6-octadienal) é encontrado no OE de diversas espécies botânicas como *Cymbopogon flexuosus* <sup>(34)</sup>, *Aloysia triphylla*, *Lippia alba* e *Zingiber officinale*, entre outras <sup>(17)</sup>. Em plantas como o capim-limão e a verbena, a forte atividade antibacteriana está associada a um alto teor de citral (acima de 35%). No OE dessas plantas também foi encontrada ação antifúngica e antioxidante <sup>(35)</sup>.

Os principais parâmetros físico-químicos utilizados para determinar o grau de frescor do pescado são o pH e as BNVT <sup>(36)</sup>. A legislação brasileira <sup>(37)</sup> estabelece que os peixes considerados frescos devem ter pH inferior a 7,0 e BNVT de até 30 mg%. Peixes com excelente estado de frescor deverão ter entre 5 e 10 mg% de BNVT. Neste sentido, nossos resultados mostraram que os filés de tambatinga apresentaram excelente estado de frescor até o final do período de refrigeração (14 dias). O OE de *M. piperita* não afetou o teor de BNVT, mas houve alterações específicas no pH dos filés. Os principais motivos podem estar relacionados ao baixo pH da carne após o rigor mortis, decorrente da quebra anaeróbica do glicogênio em ácido láctico <sup>(38, 39)</sup>, além do adequado processo de abate dos peixes e processamento da carne e do tempo de armazenamento avaliado. Porém, alterações específicas observadas no pH dos filés de tambatinga durante a refrigeração podem estar associadas a processos autolíticos e de degradação bacteriana, que levam à geração de moléculas alcalinas e, conseqüentemente, ao aumento do pH da carne <sup>(38, 39, 40)</sup>. Rampelotto <sup>(34)</sup> não observou efeito do OE de *C. flexuosus*



(contendo 45,6% de geranial e 32,1% de neral) no pH de filés de *Rhamdia quelen* armazenados congelados por 12 meses. Os peixes foram alimentados com dietas contendo 1 ou 3 mL de OE kg<sup>-1</sup> de ração durante 20 dias antes do abate. Os autores relataram que o pH inicial dos filés era de 6,36 e após 9 meses de armazenamento chegou a 6,68.

A oxidação lipídica é uma das principais alterações não microbianas na carne e leva a alterações nas propriedades sensoriais (cor, sabor, odor e aceitabilidade) e na vida de prateleira<sup>(8, 11)</sup>. A carne de peixe é especialmente suscetível à oxidação lipídica devido ao seu alto teor de ácidos graxos insaturados. Neste sentido, o OE de *M. piperita* mostrou-se eficiente em retardar a oxidação lipídica, evidenciado pela menor formação de peróxidos e TBARS na carne de tambatinga armazenada refrigerada por até 14 dias. Segundo Lis-Balchin<sup>(35)</sup> e Chandra e Farook Ah<sup>(41)</sup>, os OE de plantas como *C. flexuosus* e verbena, espécies que apresentam o citral como um dos principais componentes de seu OE, apresentam atividade antioxidante *in vitro*. O constituinte isolado (citral) também foi testado e apresentou aumento na atividade antioxidante, determinada pelo método de redução do ferro (FRAP), à medida que a concentração aumentava (5–40 mg mL<sup>-1</sup>)<sup>(41)</sup>. Portanto, de acordo com esses achados, nossa hipótese é que o citral seja o principal responsável pela ação antioxidante do OE de *M. piperita* na carne de tambatinga.

Em estudo anterior, a suplementação de OE de *C. flexuosus*, contendo cerca de 77% de citral, diretamente na dieta dos peixes não apresentou efeito protetor contra a oxidação lipídica (com base no teor de dienos conjugados, peróxidos e hexanal) ou oxidação proteica (conteúdo total de grupos sulfidríla reduzidos e proteína carbonila) na carne de jundiá<sup>(34)</sup>. Os autores observaram resposta variável de acordo com a concentração de OE utilizada: peixes alimentados com 1 mL de OE kg<sup>-1</sup> apresentaram discreto aumento na oxidação lipídica da carne ao longo de 12 meses sob congelamento; por outro lado, a carne dos peixes alimentados com 3 mL de OE kg<sup>-1</sup> apresentou aumento na oxidação proteica ao longo do período de armazenamento.

Além das análises de frescor e estabilidade oxidativa, a avaliação microbiológica da carne de peixe é importante para demonstrar sua qualidade e durabilidade, porque a deterioração no peixe ocorre principalmente como resultado da atividade bacteriana<sup>(42)</sup>. O uso de 0,50% de OE de *M. piperita* manteve baixa a contagem de microrganismos na carne de tambatinga durante todo o período de refrigeração. A contagem para este tratamento foi 2 a 4 vezes menor em comparação com os filés tratados com 0% ou 0,25% de OE. Segundo estudos *in vitro*, a alta atividade antibacteriana e antifúngica de *C. flexuosus* está relacionada à forte atividade do citral, que é o principal monoterpeneo em seu OE<sup>(35, 41)</sup>. A ação antimicrobiana do OE de *M. piperita* encontrada no presente estudo é consistente com esta informação.

## 5. Conclusão

O OE de *M. piperita* apresentou as formas constituintes do citral (geranial e neral) como as moléculas mais abundantes. O tratamento dos filés de tambatinga com esse OE ajudou a reduzir a oxidação lipídica e o desenvolvimento de microrganismos. A concentração de 0,50% deste OE em solução foi mais eficaz na redução da deterioração da carne mantida refrigerada.

## Conflito de interesses

Os autores declaram que não há conflito de interesses.

## Contribuições do autor

*Conceituação:* A. Preto. *Análise formal:* A. Preto. *Investigação:* A. Preto, I. R. Marinho, I. P. Doihara, T. S. Costa e O. S. Monteiro. *Gerenciamento do projeto:* A. Preto e J. M. Lopes. *Recursos:* J. M. Lopes, I. P. Doihara e C. S. Teixeira. *Metodologia:* J. M. Lopes. *Redação (rascunho original):* A. Preto. *Redação (revisão e edição):* A. Preto, J. M. Lopes, I. P. Doihara e C. S. Teixeira.

## Referências

1. Sarojnolini C, Hei A. Fish as an important food for quality life. In: Lagouri V. (Ed.). Functional Foods. IntechOpen, 2019. 77-97. <https://doi.org/10.5772/intechopen.81947>
2. Tanimoto S, Kondo R, Itonaga S, Domen A, Mabuchi R. Screening plant extracts for quality preservation of dark muscle fish flesh: a simple method. J Food Process Pres 2020; 44:e14315. <https://doi.org/10.1111/jfpp.14315>
3. Peixe BR. Associação Brasileira de Piscicultura: Anuário Brasileiro da Piscicultura PEIXE BR 2022. Available from: <https://www.peixebr.com.br/anuario-2021/> (accessed: April 10, 2023).
4. Andreghetto F, Santana TC, Castro JS, Noletto KS, Teixeira EG. Desempenho zootécnico e bromatologia de tambatinga (*Colossoma macropomum* x *Piaractus brachypomus*, Characidae) alimentada com milheto (*Pennisetum* sp.). Braz J Dev 2020; 6(4):21818-21831. <https://doi.org/10.34117/bjdv6n4-376>
5. Costa TS, Silva RC, Preto A, Monteiro OS, Siqueira JC, Baldisserotto B, Lopes JM. Effect of *Lippia grata* essential oil as a feed additive on the performance of tambatinga juveniles. Acta Amaz 2022; 52(2):122-130. <https://doi.org/10.1590/1809-4392202102442>
6. Gonçalves AA. Tecnologia do pescado: Ciência, Tecnologia, Inovação Legislação. São Paulo: Editora Atheneu; 2011. 608 p.
7. Dang HTT, Gudjonsdóttir M, Karlsdóttir MG, Nguyen MV, Tómasson T, Arason S. Stability of Golden redbfish (*Sebastes marinus*) during frozen storage as affected by raw material freshness and season of capture. Food Sci Nutr 2018; 6(4):1065-1076. <https://doi.org/10.1002/fsn3.648>
8. Mattje LGB, Tormen L, Bombardelli MCM, Corazza ML, Bainy EM. Ginger essential oil and supercritical extract as natural antioxidants in tilapia fish burger. J Food Process Pres 2019; 43(5):e13942. <https://doi.org/10.1111/jfpp.13942>
9. Hassoun A, Karoui R. Quality evaluation of fish and other seafood by traditional and nondestructive instrumental methods: Advantages and limitations. Crit Rev Food Sci Nutr 2017; 57(9):1976-1998. <https://doi.org/10.1080/10408398.2015.1047926>
10. Huang Z, Liu X, Jia S, Zhang L, Luo Y. The effect of essential oils on microbial composition and quality of grass carp (*Ctenopharyngodon idellus*) fillets during chilled storage. Int J Food Microbiol 2018; 266:52-59. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2017.11.003>
11. Ribeiro JS, Santos MJMC, Silva LKR, Pereira LCL, Santos IA, Lannes SCS, Silva MV. Natural antioxidants used in meat products: A brief review. Meat Sci 2019; 148:181-188. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2018.10.016>
12. Vieira BB, Mafrá JF, Bispo ASR, Ferreira MA, Silva FL, Rodrigues AVN, Evangelista-Barreto NS. Combination of chitosan coating and clove essential oil reduces lipid oxidation and microbial growth in frozen stored tambaqui (*Colossoma macropomum*) fillets. LWT - Food Sci Technol 2019; 116:108546. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.108546>
13. Singh S, Chaurasia PK, Bharati SL. Functional roles of essential oils as an effective alternative of synthetic food preservatives: a review. J Food Process Pres 2022; 46:e16804. <https://doi.org/10.1111/jfpp.16804>
14. Dègnon RG, Allagbé AC, Adjou ES, Dahouenon-Ahoussi E. Antifungal activities of *Cymbopogon citratus* essential oil against *Aspergillus* species isolated from fermented fish products of Southern Benin. J Food Qual Hazards Control 2019; 6(2):53-57. <https://doi.org/10.18502/jfqhc.6.2.955>

15. Reddy DN, Al-Rajab AJ, Sharma M, Moses MM, Reddy GR, Albratty M. Chemical constituents, in vitro antibacterial and antifungal activity of *Mentha piperita* L (peppermint) essential oils. J King Saud Univ Sci 2019; 31(4):528-533. <https://doi.org/10.1016/j.jksus.2017.07.013>
16. Ferreira LC, Cruz MG, Lima TBC, Serra BNV, Chaves FCM, Chagas EC, Ventura AS, Jerônimo GT. Antiparasitic activity of *Mentha piperita* (Lamiaceae) essential oil against *Piscinoodinium pillulare* and its physiological effects on *Colossoma macropomum* (Cuvier, 1818). Aquaculture 2019; 512:734343. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2019.734343>
17. Souza Silva LT, Pereira UP, Oliveira HM, Brazil EM, Pereira SA, Chagas EC, Jesus GFA, Cardoso L, Mouriño JLP, Martins ML. Hemato-immunological and zootechnical parameters of Nile tilapia fed essential oil of *Mentha piperita* after challenge with *Streptococcus agalactiae*. Aquaculture 2019; 506:205-211. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2019.03.035>
18. Cai L, Cao A, Li Y, Song Z, Leng L, Li J. The effects of essential oil treatment on the biogenic amines inhibition and quality preservation of red drum (*Sciaenops ocellatus*) fillets. Food Control 2015; 56:1-8. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2015.03.009>
19. Adams RP. *Identification of essential oil components by gas chromatography/quadrupole mass spectroscopy*. 4nd ed. Carol Stream, IL: Allured Publishing Corporation, 2007. 804p.
20. NIST/EPA/NIH Mass Spectral Library 2011. 5nd ed. Hoboken, NJ: Wiley, 2011.
21. Fernandes YML, Matos JVS, Lima CA, Tardini AM, Viera FAP, Maia JGS, Monteiro OS, Longato GB, Rocha CQ. Essential oils obtained from aerial *Eugenia punicifolia* parts: Chemical composition and antiproliferative potential evidenced through cell cycle arrest. J Braz Chem Soc 2021; 32(7):1381-1390. <https://doi.org/10.21577/0103-5053.20210036>
22. Dang HTT, Gudjónsdóttir M, Tómasson T, Nguyen MV, Karlsdóttir MG, Arason S. Influence of processing additives, packaging and storage conditions on the physicochemical stability of frozen Tra catfish (*Pangasius hypophthalmus*) fillets. J Food Eng 2018; 238: 148-155. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2018.06.021>
23. Savay da Silva LK, Riggo R, Martins PE, Galvão JA, Oetterer M. Otimização e padronização do uso da metodologia para determinação de bases nitrogenadas voláteis totais (BNVT) em camarões *Xyphopeneus kroyeri*. Braz J Food Technol 2008; 20:138-144.
24. Chapman RA, Mackay K. The estimation of peroxides in fats and oils by the ferric thiocyanate method. JAOCS J Am Oil Chem Soc 1949; 26:360-363.
25. Buege JA, Aust SD. Microsomal lipid peroxidation. Meth Enzymol 1978; 52:302-310.
26. Brasil. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 62 de 26 de agosto de 2003. Dispõe sobre os Métodos Analíticos Oficiais para Análises Microbiológicas para Controle de Produtos de Origem Animal e Água. Diário Oficial da União. (<https://www.normasbrasil.com.br/norma/instrucao-normativa-62-200375165.html>) (accessed: 16 May, 2023).
27. Sousa Barros A, Morais SM, Ferreira PAT, Vieira IGP, Craveiro AA, Fontenelle ROS, Menezes JESA, Silva FWF, Sousa HA. Chemical composition and functional properties of essential oils from *Mentha* species. Ind Crops Prod 2015; 76:557-564. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2015.07.004>
28. Chagas EC, Majolo C, Monteiro PC, Oliveira MR, Gama PE, Bizzo HR, Chaves FCM. Composition of essential oils of *Mentha* species and their antimicrobial activity against *Aeromonas* spp. J Essent Oil Res 2020; 32(3):209-215. <https://doi.org/10.1080/10412905.2020.1741457>
29. Agostini F, Santos ACA, Rossato M, Pansera MR, Santos PL, Serafini LA, Molon R, Moyna P. Essential oil yield and composition of Lamiaceae species growing in Southern Brazil. Braz Arch Biol Technol 2009; 52(2):473-478. <https://doi.org/10.1590/S1516-89132009000200026>
30. Freire MM, Jham GN, Dhingra OD, Jardim CM, Barcelos RC, Valente VMM. Composition, antifungal activity and main fungitoxic components of the essential oil of *Mentha piperita* L. J Food Saf 2012. 32:29-36. <https://doi.org/10.1111/j.1745-4565.2011.00341.x>
31. Souza CF, Baldissera MD, Baldisserotto B, Heinzmann BM, Martos-Sittha JA, Mancera JM. Essential Oils as Stress-Reducing Agents for Fish Aquaculture: A Review. Front Physiol 2019; 10:1-17. <https://doi.org/10.3389/fphys.2019.00785>

32. Tajidin NE, Ahmad SH, Rosenani AB, Azimah H, Munirah M. Chemical composition and citral content in lemongrass (*Cymbopogon citratus*) essential oil at three maturity stages. *Afr J Biotechnol* 2012; 11(11):2685-2693. <https://doi.org/10.5897/AJB11.2939>
33. Lu W-C, Huang D-W, Wang C-CR, Yeh C-H, Tsai J-C, Huang Y-T, Li P-H. Preparation, characterization, and antimicrobial activity of nanoemulsions incorporating citral essential oil. *J Food Drug Anal* 2018; 26(1):82-89. <https://doi.org/10.1016/j.jfda.2016.12.018>
34. Rampelotto C, Speroni CS, Conte L, Pianesso D, Machado IS, Rodrigues R, Minuzzi NM, Adorian TJ, Klein B, Wagner R, Baldisserotto B, Silva LP, Heinzmann BM, Menezes CR, Emanuelli T. Microencapsuled lemongrass (*Cymbopogon flexuosus*) essential oil supplementation on quality and stability of silver catfish fillets during frozen storage. *J Aquat Food Prod* 2021; 30(9):1124-1141. <https://doi.org/10.1080/10498850.2021.1974137>
35. Lis-Balchin M, Deans SG, Eaglesham E. Relationship between bioactivity and chemical composition of commercial essential oils. *Flavour Frag J* 1998; 13(2):98-104. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1099-1026\(199803/04](https://doi.org/10.1002/(SICI)1099-1026(199803/04)
36. Kuroda CN, Pretto A, Camargo ACC, Stefanello CM, Rosa GM, Ferrigolo FRG, Gollino GP, Ribeiro VB, Bender ABB. Conservation and quality of grumatã (*Prochilodus lineatus*) fillets after different depuration periods and frozen storage. *Cienc Anim Bras* 2020; 21:e-62701. <https://doi.org/10.1590/1809-6891v21e-62701>
37. Brasil. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Decreto nº 9.013 de 29 de março de 2017. Dispõe sobre a Inspeção Industrial E Sanitária De Produtos De Origem Animal. *Diário Oficial da União*. Available from: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2015-2018/2017/decreto/D9013.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2017/decreto/D9013.htm) (accessed: May 15, 2023).
38. Soares KMDP, Gonçalves AA. Qualidade e segurança do pescado. *Rev Inst Adolfo Lutz* 2012; 71(1):1-10.
39. Karami B, Moradi Y, Motallebi AA, Hosseini E, Soltani M. Effects of frozen storage on fatty acids profile, chemical quality indices and sensory properties of red tilapia (*Oreochromis niloticus* × *Tilapia mosambicus*) fillets. *Iran J Fish Sci* 2013; 12(2):378-388.
40. Afrin F, Islam MM, Rasul MG, Sarkar MSI, Yuan C, Shah AKMA. Effects of seaweed extracts on the quality and shelf life of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) fillets during frozen storage. *Food Chem Adv* 2023; 3:100388. <https://doi.org/10.1016/j.focha.2023.100388>
41. Chandra H, Farooq Ah A. Lipoxigenase inhibitory, antioxidant, and antimicrobial activities of selected essential oils. *Asian J Pharm Clin Res* 2014; 7:79-83.
42. El-Hanafy AEA, Shawky HA, Ramadan MF. Preservation of *Oreochromis niloticus* fish using frozen green tea extract: impact on biochemical, microbiological and sensory characteristics. *J Food Process Pres* 2011; 35:639-646. <https://doi.org/10.1111/j.1745-4549.2011.00513.x>