



UNIVERSIDADE FEDERAL DA FRONTEIRA SUL
PROGRAMA DE MESTRADO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS

LEIDE GRACIELA BLANCO MATTJE

AVALIAÇÃO DO ÓLEO ESSENCIAL E EXTRATO SUPERCRÍTICO DE
GENGIBRE COMO ANTIOXIDANTES NATURAIS EM FISHBURGUER DE
TILÁPIA ARMAZENADO REFRIGERADO

LARANJEIRAS DO SUL

2018

LEIDE GRACIELA BLANCO MATTJE

**AVALIAÇÃO DO ÓLEO ESSENCIAL E EXTRATO SUPERCRÍTICO DE
GENGIBRE COMO ANTIOXIDANTES NATURAIS EM FISHBURGUER DE
TILÁPIA ARMAZENADO REFRIGERADO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal da Fronteira Sul como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos.

Orientadora: Prof^a Dr^a Eduarda Molardi
Bainy.

LARANJEIRAS DO SUL

2018

PROGRAD/DBIB - Divisão de Bibliotecas

MATTJE, LEIDE GRACIELA BLANCO
AVALIAÇÃO DO ÓLEO ESSENCIAL E EXTRATO SUPERCRÍTICO DE
GENGIBRE COMO ANTIOXIDANTES NATURAIS EM FISHBURGUER DE
TILÁPIA ARMAZENADO REFRIGERADO/ LEIDE GRACIELA BLANCO
MATTJE. -- 2018.
41 f.:il.

Orientador: Eduarda Molardi Bainy.
Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal da
Fronteira Sul, Programa de Pós-Graduação em Mestrado em
Ciência e Tecnologia de Alimentos - PPGCTAL, Laranjeiras
do Sul, PR, 2018.

1. Antioxidante natural. 2. Óleo essencial de
gingibre. 3. Extrato supercrítico de gengibre. 4.
Fishburger. I. Bainy, Eduarda Molardi, orient. II.
Universidade Federal da Fronteira Sul. III. Título.

LEIDE GRACIELA BLANCO MATTJE

TÍTULO: "Avaliação Do Óleo Essencial E Extrato Supercrítico De Gengibre Como Antioxidantes Naturais Em Fishburguer De Tilápia Armazenado Refrigerado".

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* - **Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos** – PPGCTAL da Universidade Federal da Fronteira Sul – UFFS para obtenção do título de Mestra em Ciência e Tecnologia de Alimentos, defendido em 07/06/2018.

Presidente da Banca: Dr^a. Eduarda Molardi Baihy

Aprovado em: 07/06/2018

BANCA EXAMINADORA

Eduarda Baihy

Dr^a. Eduarda Molardi Baihy/UFFS

Luciano Tormen

Dr. Luciano Tormen/UFFS

Michele Mesomo

Dr^a. Michele Cristiane Mesomo/ UNICENTRO

Laranjeiras do Sul/PR, junho de 2018

AGRADECIMENTOS

A Deus primeiramente, a nosso Senhor Jesus, e a Nossa Senhora Aparecida pela saúde e pela possibilidade de concluir este mestrado. Aos meus pais, Milton Blanco Gerona e Lúcia Ap. Danilussi Gerona, pela ajuda em todos os momentos da minha vida, pelo apoio e dedicação sem quantificar esforços, aos ensinamentos sobre como ser uma pessoa digna na vida e pela disponibilidade e ajuda na realização deste trabalho. Os meus irmãos, Cristiane Aparecida Blanco, Cassiane Cristina Blanco, Milton Fernando de Jesus Blanco, pela amizade, companheirismo e apoio em todos os momentos. Ao meu esposo, Hugo Leonardo Alves Mattje pela ajuda no desenvolvimento deste trabalho estando sempre ao meu lado apoiando, por sua compreensão nas horas que precisei me ausentar, ou deixar de estar ao seu lado em função do estudo, possibilitando assim que o meu sonho tornasse realidade. A Professora e orientadora, Eduarda Molardi Bainy, pela amizade, dedicação, orientação, apoio, paciência, e por demonstrar que a pesquisa é algo de grande valor. Ao professor Luciano Tormen, pelo apoio e toda ajuda com as análises químicas. O meu muito obrigado a todos os professores do programa de mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos que fizeram parte deste trabalho através de todos os ensinamentos passados. Aos membros do painel sensorial, Fernanda A. Souza, Diogo J. Siqueira, Ellen Bernardi, Silvana da Costa e Silvia H. Tormen, pela contribuição e tempo dedicado. Aos membros componentes da banca examinadora, pela avaliação do trabalho, orientação, sugestões e contribuições fornecidas. Aos amigos e colegas pela convivência, amizade e toda ajuda que recebi durante o decorrer desta etapa. À Tilapia Brazilian Indústria e Comércio de Peixes pela parceria, e doação de carne mecanicamente separada. Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq – Brasil (Edital Universal 2016) pelo apoio financeiro. E a todos aqueles que não foram citados, mas que direta ou indiretamente contribuíram na realização desse trabalho.

Muito obrigada!

AValiação DO Óleo Essencial E Extrato Supercrítico De Gengibre Como Antioxidantes Naturais Em Fishburger De Tilápia Armazenado Refrigerado

Resumo

O fishburger de tilápia possui lipídeos e ácidos graxos poli-insaturados. Devido a isso, é sensível a oxidação lipídica tornando-se um alimento de fácil deterioração. Antioxidantes naturais podem ser utilizados para inibir ou retardar a rancidez oxidativa e vêm de encontro com a tendência de alimentação mais saudável. O objetivo do trabalho foi estudar a ação do óleo essencial e extrato supercrítico de gengibre na oxidação lipídica de fishburger de tilápia armazenado refrigerado ($4\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$) por 8 dias e comparar com um antioxidante sintético. Foram elaboradas quatro formulações: C (controle); ES (0,2% de eritorbato de sódio); OE (0,2% de óleo essencial de gengibre) e ESC (0,2% de extrato supercrítico de gengibre). O extrato e o óleo foram caracterizados por cromatografia gasosa (CG) e pela atividade antioxidante (AA). As análises realizadas nos produtos foram de pH, cor instrumental, oxidação lipídica (TBARS), AA e análise sensorial. Os resultados mostraram que o pH reduziu de 6,7 a 6,5 no sexto dia de armazenamento. A ESC apresentou coloração mais intensa (maior croma) em relação as demais formulações. Os fishburgueres tornaram-se mais amarelados (ângulo *hue* próximo de 90°) no final do estudo. Para TBARS, os resultados confirmam tendência na redução da oxidação lipídica para as formulações com os antioxidantes naturais. Adicionalmente, a ESC não apresentou diferença significativa para AA e TBARS com relação a formulação ES, com o antioxidante sintético. O sabor e a impressão global das amostras com gengibre foram considerados inferior ao controle, devido à presença marcante do gengibre, mesmo em baixas concentrações. Porém, o odor e a cor dos produtos tiveram qualidade sensorial similar ao controle. Em conclusão, o extrato supercrítico de gengibre foi efetivo em controlar a oxidação lipídica em fishburger refrigerado e possui potencial para substituir antioxidantes sintéticos em produtos cárneos e de pescado.

Palavras chaves: Oxidação lipídica. *Oreochromis niloticus*. *Zingiber officinale* Roscoe. Extração supercrítica. Hidrodestilação.

EVALUATION OF ESSENTIAL OIL AND SUPERCRITICAL EXTRACT OF GINGER AS NATURAL ANTIOXIDANTS IN REFRIGERATED TILAPIA FISHBURGER

Abstract

Tilapia fishburger content of lipids and polyunsaturated fatty acids. Due to this, it is sensitive to lipid oxidation, becoming a food of easy spoilage. Natural antioxidants can be used to inhibit or delay the oxidative rancidity and it follows the tendency of a healthier eating. The objective of the work was to study the action of essential oil and supercritical ginger extract on lipid oxidation of refrigerated stored ($4\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$) tilapia fishburger for 8 days and compare with a synthetic antioxidant. Four formulations were elaborated: C (control); ES (0.2% sodium erythorbate); OE (0.2% ginger essential oil) and ESC (0.2% supercritical ginger extract). The extract and oil were characterized by gas chromatography (GC) and antioxidant activity (AA). The analyzes performed on the products were pH, instrumental color, lipid oxidation (TBARS), AA and sensorial analysis. The results showed that pH reduced from 6.7 to 6.5 on the sixth day of storage. ESC presented a more intense color (higher chroma) compared to the other formulations. Fishburgers became more yellowish (hue angle near 90°) at the end of the study. For TBARS, the results confirmed a trend in lipid oxidation reduction for formulations with natural antioxidants. Additionally, the ESC had no significant difference in the AA and TBARS, compared to ES, with the synthetic antioxidant. Flavor and global impression of the ginger samples were considered inferior to the control, due to the characteristic ginger flavor, even in low concentrations. However, the odor and color of the products had similar sensory quality to the control. In conclusion, the supercritical ginger extract was effective in controlling the lipid oxidation in refrigerated fishburger and has the potential to replace synthetic antioxidants in meat and seafood products.

Keywords: Lipid oxidation. *Oreochromis niloticus*. *Zingiber officinale* Roscoe. Supercritical extraction. Hydrodistillation.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	10
2	OBJETIVOS	12
2.1	OBJETIVO GERAL	12
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	12
3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	13
3.1	TILÁPIA DO NILO	13
3.2	OXIDAÇÃO LIPÍDICA	14
3.3	ANTIOXIDANTES	15
3.4	GENGIBRE	15
3.5	ÓLEO ESSENCIAL	16
3.6	EXTRATO SUPERCRTICO	17
4	MATERIAL E MÉTODOS	18
4.1	MATERIAL	18
4.2	MÉTODOS	18
4.2.1	Obtenção do óleo essencial e extrato supercrítico de gengibre	18
4.2.2	Elaboração dos fishburgueres e delineamento experimental	19
4.2.3	Caracterização dos compostos voláteis do óleo essencial e extrato supercrítico de gengibre	20
4.2.4	Determinação do potencial hidrogeniônico – pH	20
4.2.5	Análise de cor instrumental	20
4.2.6	Determinação da oxidação lipídica através de substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico – TBARS	21
4.2.7	Atividade antioxidante (AA) determinada pelo método 2,2 -difetil -1- picril – hidrazil (DPPH)	21
4.2.8	Análise sensorial com painel treinado	21
4.2.9	Análise estatística	22
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	23
5.1	CARACTERIZAÇÃO DO ÓLEO ESSENCIAL E EXTRATO SUPERCRTICO DE GENGIBRE	23
5.2	AVALIAÇÃO DO pH, COR INSTRUMENTAL E ATIVIDADE ANTIOXIDANTE DOS FISHBURGUERES	24

5.3	AVALIAÇÃO DA OXIDAÇÃO LIPÍDICA DOS FISHBURGUERES	28
5.4	AVALIAÇÃO SENSORIAL DOS FISHBURGUERES	30
6	CONCLUSÃO	32
	REFERÊNCIA.....	33

1 INTRODUÇÃO

A oxidação lipídica é um grande problema de deterioração dos produtos alimentícios de origem animal, sendo uma das principais alterações não microbiana nos alimentos (FALOWO; FAYEMI; MUCHENJE, 2014). Sua principal causa é o processo de auto - oxidação, definido como a reação espontânea do oxigênio atmosférico com lipídios (HASSOUN; ÇOBAN, 2017). Além das características intrínsecas da carne, a intensificação da deterioração oxidativa pode ocorrer devido a fatores extrínsecos, como exposição a luz, oxigênio, temperatura, entre outros (MARIUTTI et al., 2008).

Os peixes e seus derivados são alimentos muito perecíveis devido à sua elevada atividade de água, presença de ácidos graxos insaturados, alto teor de diversos nutrientes e com pH próximo ao neutro (FOGAÇA; SANT'ANA, 2009). Assim, resultando em alterações indesejáveis no sabor, odor, cor, tornando o produto menos aceitável ao paladar. Adicionalmente, pode ocorrer a formação de compostos tóxicos, causando a diminuição da segurança e qualidade nutricional do alimento, trazendo danos à saúde do consumidor (MARIUTTI; BRAGAGNOLO, 2009).

Para retardar ou inibir a oxidação lipídica, passou-se a utilizar antioxidantes sintéticos que frequentemente são utilizados para sequestrar radicais livres (SI et al., 2018). Porém, o uso dos mesmos vem sendo questionado devido a implicações negativas a saúde, desde alergias, hiperatividade (POLÔNIO; PERES, 2009) e desenvolvimento de câncer (BOTTERWERCK et al., 2000). Crescentemente os consumidores buscam por uma alimentação mais saudável, além da maior preferência por ingredientes naturais, incentivando a investigação de antioxidantes naturais em substituição aos sintéticos (MARIUTTI; BRAGAGNOLO, 2009; SHAH; BOSCO; MIR, 2014; CAROCHO; MORALES; FERREIRA, 2018).

O gengibre (*Zingiber officinale* Roscoe) é um condimento que pode ter ação antioxidante e ser utilizado para inibir a oxidação lipídica (AN et al., 2016; MANCINI et al., 2017a), principalmente devido ao composto gingerol e seus derivados (SI et al., 2018). Assim, o óleo essencial e extrato supercrítico de gengibre podem ser uma alternativa para obter compostos bioativos com o alto poder de controlar a oxidação lipídica.

Os óleos essenciais são considerados como eficazes antioxidantes naturais, podendo ser similar aos antioxidantes sintéticos (MISHARINA; TERENINA; KRIKUNOVA, 2009). São extraídos de diversas partes de plantas pelo método de hidrodestilação e são formados a partir de metabólitos secundários com composição química complexa, porém podem ser

termodegradáveis, mas apresentam um alto valor agregado (OUSSALAH et al., 2007; JUSTO et al., 2008). O extrato supercrítico é obtido pelo método de extração com fluido supercrítico, no qual as condições de temperatura e pressão do gás utilizados são otimizadas, trazendo um valor agregado ao extrato final, pois apresenta um produto de alta qualidade, sem a presença de resíduos e do solvente utilizado (CHEMAT; VIAN; CRAVOTTO, 2012; CASS, 2015), além de trazer diversas vantagens quando comparados com técnicas tradicionais de extração, tais como ser um método rápido, mais eficiente na extração de compostos não polares, não deixar resíduos do seu solvente, empregar baixas temperaturas durante o processo, entre outros (REVERCHON; DE MARCO, 2006).

Na literatura existem poucos estudos sobre os efeitos da adição de antioxidantes naturais na oxidação lipídica de produtos à base de pescado. Além disso, não foram encontrados trabalhos comparando o efeito da aplicação de antioxidantes naturais, como o extrato supercrítico e óleo essencial de gengibre, e sintéticos nesses alimentos. Deste modo, o objetivo do presente trabalho foi avaliar os efeitos da adição de gengibre na forma de óleo essencial e extrato supercrítico na oxidação lipídica de fishburguer de tilápia refrigerado por 8 dias e comparar com um antioxidante sintético.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

O objetivo geral do presente trabalho foi avaliar a potencialidade do óleo essencial de gengibre e do extrato de gengibre obtido por extração supercrítica como agente antioxidante em fishburgueres de tilápia em armazenamento refrigerado por 8 dias e comparar com o antioxidante sintético eritorbato de sódio.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- obter óleo essencial de gengibre por hidrodestilação;
- obter extrato supercrítico de gengibre por extração com fluído supercrítico;
- caracterizar qualitativamente os compostos voláteis e avaliar a atividade antioxidante do óleo essencial e do extrato supercrítico de gengibre;
- aplicar o óleo essencial e o extrato supercrítico de gengibre em fishburguer de tilápia;
- avaliar o efeito do óleo essencial e do extrato supercrítico de gengibre na oxidação lipídica de fishburguer durante 8 dias de armazenamento refrigerado, através de análises químicas, cor instrumental e sensorial;
- comparar os resultados encontrados entre as formulações desenvolvidas com um antioxidante sintético, o eritorbato de sódio.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 TILÁPIA DO NILO

A tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) é a espécie de tilápia mais cultivada em todo o mundo, sua distribuição mundial ocorreu durante os anos 1940 e 1980, sendo que no Brasil foi introduzida no ano de 1971 (FAO, 2008). Essa espécie possui facilidade de adaptação, rápido desenvolvimento, reprodução rápida em cativeiro, facilidade no seu manejo com tolerância as mais diversas condições ambientais, resistência a estresse e a diversas doenças, grande rusticidade, além de sua carne ser de ótima qualidade e de grande aceitabilidade (EL-SAYED, 2006; HEIN; PARIZOTTO; BRIANESE, 2004).

No Brasil, o consumo de filé de tilápia congelado é o que prevalece, mas o rendimento na filetagem é de aproximadamente 30% do total do peixe, assim gerando uma grande quantidade de resíduos (OETTERER, 2002). Esses resíduos são utilizados na alimentação animal ou descartados, trazendo perdas econômicas e danos ao meio ambiente (KIRSCHNIK, 2007). Porém, alguns subprodutos, como a carne mecanicamente separada (CMS), podem ser aproveitados para elaboração de produtos processados de peixe, agregando maior valor aos mesmos, trazendo alternativas para utilização desses produtos que podem fornecer alimentos com alto valor nutricional para a alimentação humana, além de reduzir o desperdício e os danos ao meio ambiente (GONÇALVES, 2009; KIRSCHNIK, 2007).

A obtenção da CMS é realizada pela separação da carne dos ossos, espinhas e escamas em equipamentos chamados de despoldadeiras, do qual se obtém um alto rendimento e um produto de qualidade, com alta concentração de proteínas e de gorduras (OETTERER, 2002). A CMS pode ser retirada da carcaça e das aparas do corte em “V” que são obtidas a partir da filetagem para remoção da porção com espinhas do filé (MESSIAS et al., 2016).

A partir da CMS pode se desenvolver diversos produtos processados como fishburguer (hambúrguer de peixe), almôndegas, empanados, linguiças, entre outros. Esses produtos processados possuem boa aceitação sensorial e alto valor nutricional, sendo uma fonte de ácidos graxos e proteína (MENEGASSI, 2011). A composição centesimal e as características sensoriais dos produtos elaborados com CMS de aparas é similar à do filé de tilápia, rendendo um produto com boa qualidade nutricional e sensorial (MUZZOLON et al., 2018).

3.2 OXIDAÇÃO LIPÍDICA

A oxidação lipídica é um dos causadores da deterioração de produtos cárneos e de pescado. Essa reação ocorre através de um processo complexo, causando alterações sensoriais e a formação de compostos químicos tóxicos (OLIVO, 2006). O processo de oxidação lipídica ocorre em três etapas distintas que são divididas em fase de iniciação, propagação e terminal que envolve a produção de radicais livres (CHAIJAN, 2008).

Na primeira fase ou iniciação, um átomo de hidrogênio é retirado de um ácido graxo insaturado, formando um radical livre. Em seguida ocorre uma reação do radical livre com o oxigênio do ambiente formando um radical de peróxido (RIBEIRO; SERAVALLI, 2007). A partir desse ponto inicia a segunda fase ou também conhecido por propagação, estes radicais de peróxidos formados são extremamente reativos e retiram os átomos de hidrogênio de outros ácidos graxos insaturados, assim ocorrendo a propagação da reação de oxidação. Essa fase continuará até que todo o oxigênio ou os ácidos graxos são consumidos, ocorrendo um rápido aumento do índice de peróxido (RIBEIRO; SERAVALLI, 2007). A terceira fase ou terminação ocorre com os radicais livres reagindo entre si e formando diversas substâncias, assim terminando a propagação da reação. Ocorre a diminuição do consumo de oxigênio e a concentração de peróxido, mas apresentando alterações de aroma, sabor, cor e consistência (RIBEIRO; SERAVALLI, 2007).

Das três etapas o maior controle e prevenção da oxidação lipídica ocorre na fase inicial, sua velocidade de propagação dependerá de condições específicas (CONEGLIAN et al., 2011). Para isso é necessário o uso de antioxidantes naturais ou sintéticos. Conforme a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), “antioxidante é a substância que retarda o aparecimento de alteração oxidativa no alimento” (BRASIL, 1997). Para estudar a oxidação lipídica e analisar se os agentes antioxidantes realmente estão desenvolvendo sua função, existem métodos químicos que podem ser utilizados para quantificar a formação da oxidação primária e secundária, como é o caso do teste de índice de peróxido e o método de determinação de substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS) (KOLAKOWSKA, 2003).

O índice de peróxido quantifica os peróxidos que são os produtos primários do processo oxidativo e possuem taxa de formação maior que a taxa de decomposição, mostrando quando não se tem uma boa estabilidade oxidativa (SHAHIDI; WANASUNDARA, 2002). Esse método tem sido menos empregado para avaliar a oxidação lipídica de produtos cárneos e de pescado, conforme observado nos artigos científicos recentes da área.

Já o método de TBARS fornece informações sobre o estado oxidativo e a rancidez oxidativa (PEREIRA, 2009). Esse teste quantifica o malonaldeído (MDA) que é reativo ao ácido tiobarbitúrico (TBA), assim estima - se a intensidade da peroxidação lipídica (OSAWA; FELÍCIO; GONÇALVES, 2005; PEREIRA, 2009). O malonaldeído é um composto de baixo peso molecular que se forma com a decomposição de certos produtos primários e secundários de peroxidação lipídica (JANERO, 1990).

3.3 ANTIOXIDANTES

As substâncias antioxidantes são utilizadas para inibir ou retardar a oxidação lipídica, e devem ser usadas em pequenas quantidades em relação ao agente oxidante (RAMALHO; JORGE, 2006; MAISUTHISAKUL; SUTTAJIT; PONGSAWATMANIT, 2007). Essas substâncias podem ser tanto de origem sintética ou de origem natural.

Os antioxidantes BHA, BHT e eritorbato de sódio, são exemplos de aditivos sintéticos. O eritorbato de sódio é muito utilizado na indústria cárnea e age na inibição da oxidação lipídica. A legislação brasileira regulamenta o seu uso deve ser “em quantidade suficiente para que exerça o efeito desejável (q.s: *quantum satis*)” (BRASIL, 1998). Mas, vem se buscando a substituição dos antioxidantes sintéticos por antioxidantes naturais, pois os mesmos podem trazer algum efeito tóxico a saúde (RAMALHO; JORGE, 2006). Os antioxidantes naturais vem sendo cada vez mais estudados como substitutos dos antioxidantes sintéticos (OZOGUL et al., 2010; ABDOLLAHZADEH et al., 2014; KHALAFALLA; ALI; HASSAN, 2015; ABDELNAEEM; MOHAMED, 2016; TURGUT et al., 2016; MANCINI et al., 2017a, b e OĞUZHAN YILDIZ E YANGILIR, 2017). Para os antioxidantes naturais, a legislação brasileira não estabelece limite de seu uso em produtos cárneos (BRASIL, 1998).

3.4 GENGIBRE

O *Zingiber officinale*, mais conhecido como gengibre, é uma especiaria originária do Sul da Ásia e pertence à família Zingiberacea. É uma planta ereta, que pode chegar a 50 cm de altura, com folhas simples e flores estéreis branca amarelada (PEREIRA; SANTOS, 2013). A parte mais utilizada da planta é o rizoma. Ele é carnoso e tem um formato de ramificação com fragmentos irregulares, podendo variar seu tamanho de 3 a 16 cm de comprimento, com 3 a 4 cm de largura e sua espessura é de aproximadamente 2 cm (WHO, 1999).

O gengibre é uma das especiarias mais conhecidas e utilizadas no mundo. Seu aroma é adocicado e intenso, ele apresenta ações antioxidantes, antibacterianas, anticancerígenas, anti-inflamatórios (CHENG et al., 2011; GONÇALVES et al., 2014; YEH et al., 2014). Essas propriedades são devidas a diversos compostos presentes no gengibre.

O gingerol (5-hidróxi-3-metóxi-fenil) é um desses composto presente no gengibre, sendo um dos principais responsáveis pela pungência do gengibre (ZICK et al., 2008). Ele apresenta vários compostos equivalentes que só se diferenciam pelo tamanho de sua cadeia alquila não ramificada (JIANG, 2005; SHUKLA; SINGH, 2007). Os gingeróis, principalmente na forma de 6-gingerol, são responsáveis pelas atividades anti-inflamatória, antioxidantes, antitumorais, entre outras atividades farmacológicas (JUSTO et al, 2008; AMORIM; FERREIRA; CARRAPIÇO, 2013; NAGENDRA CHARII et al., 2013). A indústria alimentícia vem buscando utilizar esse potencial antioxidante como substituto dos antioxidantes sintéticos (JUSTO et al, 2008; BARBOSA, 2016).

3.5 ÓLEO ESSENCIAL

Óleos essenciais são formados por uma mistura de substâncias voláteis que são provenientes do metabolismo secundário de plantas aromáticas e uma de suas principais características é o odor forte e marcante (RAMALHO; JORGE, 2006; BAKKALI, 2008). Sua mistura é um sistema complexo que podem ser termodegradáveis, mas com um alto valor agregado, eles estão entre os antioxidantes naturais de maior importância tecnológica (RAMALHO; JORGE, 2006; BAKKALI, 2008). Suas principais propriedades são: antissépticas, bactericidas, fungicidas, antioxidante (conservação de alimentos), medicinais e sua fragrância pode ser utilizado em diversas formulações, como remédios antimicrobianos, analgésicos, sedativos, anti-inflamatórios, perfumaria, entre outros (BAKKALI, 2008).

A obtenção do óleo essencial pode ocorrer por diversas maneiras, como por meio de arraste vapor, prensagem a frio e hidrodestilação. O método de hidrodestilação normalmente utiliza o aparelho Clevenger, no qual o material a ser destilado fica em contato direto com água destilada e com o aumento da temperatura a mistura entra em ebulição, assim ocorrendo o arraste do óleo com compostos voláteis e água (BORSATO et al. 2008).

3.6 EXTRATO SUPERCRÍTICO

O extrato apresenta substâncias que em pequenas quantidades têm a capacidade de retardar a oxidação lipídica (BRASIL, 1997). Conforme a RDC nº 2, de 15 de janeiro de 2007:

Extratos são produtos obtidos por esgotamento, a frio ou a quente, a partir de produtos de origem animal, vegetal ou microbiana com solventes permitidos. Esses extratos devem conter os princípios sápidos aromáticos voláteis e fixos correspondentes ao respectivo produto natural (BRASIL, 2007).

Existem vários métodos de extração, sendo que os extratos são normalmente mais potentes do que o produto *in natura*, mas depende do método de extração utilizado (ANSEL; STOKLOSA, 2008). Consequentemente, o extrato é apresenta a forma mais concentrada do princípio ativo da matéria prima (ANSEL; STOKLOSA, 2008).

A extração utilizando o solvente dióxido de carbono (CO₂) supercrítico é classificada como um processo limpo, passando a ser chamado de “solvente do novo milênio” e é considerado uma tecnologia verde (CHEMAT; VIAN; CRAVOTTO, 2012). A extração acontece com o emprego do CO₂ em que a temperatura e a pressão encontram em seu ponto crítico. Nestas condições os fluidos assumem características simultaneamente de gás e de líquido, além da mudança de volume, ocorrendo a compressibilidade e viscosidade do gás, e a dissolução de solutos como o líquido, chamado de “fluido supercrítico” (BRUNNER, 2005).

Essa tecnologia possui vantagens como: o baixo custo, não tóxico, facilidade de separação ao final do processo, permitindo obter um produto de alta qualidade, não permanecer nenhum traço do solvente, tornando o produto mais puro, no final do processo ocorre a recuperação do solvente supercrítico e apresenta maior rapidez no processo de extração em comparação com outros métodos (CHEMAT; VIAN; CRAVOTTO, 2012; CASS, 2015).

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 MATERIAL

As matérias-primas utilizadas foram rizomas de gengibre (*Zingiber officinale* Roscoe), carne mecanicamente separada (CMS) das aparas do corte “V” de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) e outros ingredientes. O gengibre e a CMS foram adquiridos na região oeste do Paraná. Os demais ingredientes foram adquiridos no comércio local.

4.2 MÉTODOS

4.2.1 Obtenção do óleo essencial e extrato supercrítico de gengibre

Inicialmente os rizomas foram lavados em água corrente e em seguida sanitizados em 100 ppm de hipoclorito de sódio por 10 minutos. Em seguida, foram cortados em lâminas de aproximadamente 0,5 cm de espessura com processador doméstico (RI7776/90, PHILIPS WALITA) e secos em estufa de circulação de ar (AL102/480, AMERICAN LAB) a temperatura de $40\text{ °C} \pm 5\text{ °C}$ até a massa constante. A amostra seca foi moída em moinho de facas e peneirada com peneiras da série Tyler com diversas aberturas, mesh 12, 14, 20, 28 e 48. As amostras foram armazenadas em embalagens de polipropileno, selada a vácuo e armazenadas em freezer a $-18\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$ até o momento de sua utilização.

O óleo essencial foi obtido pelo método de hidrodestilação para extrair o óleo volátil da amostra desidratada, utilizando o aparelho do tipo Clevenger, conforme o método recomendado pela Farmacopeia Brasileira (BRASIL, 1999). A massa de 25 g de gengibre triturado foi transferida para balão volumétrico com 1 litro de água destilada, para cada batelada. O balão foi levado à manta aquecedora, acoplado em um condensador com sistema contínuo de refrigeração. Com o aquecimento da mistura até ebulição, que foi mantida por 180 min, em pressão atmosférica (93,50 kPa) os compostos voláteis do gengibre foram arrastados juntamente ao vapor de água para o condensador, isolando o óleo essencial da amostra (MESOMO, 2013). O óleo formado foi acondicionado em frascos âmbar e armazenado a $-18\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$ até o uso.

O extrato supercrítico foi obtido por um sistema de extração por fluido supercrítico com o solvente dióxido de carbono (CO₂), no modo de extração por bateladas, com temperatura de

60 °C e pressão de 25,0 MPa (MESOMO et al., 2012). Em cada batelada foram adicionados 20 g de gengibre moído. Os extratos foram coletados em frascos âmbar e armazenados a -18 °C ± 2 °C até o uso. A composição qualitativa dos compostos voláteis e a atividade antioxidante (AA) do óleo essencial e do extrato supercrítico de gengibre foram realizadas por cromatografia gasosa (CG) e pelo método do radical 2,2-difenil-1-picril-hidrazil (DPPH), respectivamente.

4.2.2 Elaboração dos fishburgueres e delineamento experimental

Foram elaboradas quatro formulações de fishburgueres. O controle (C) foi preparado com 90% CMS de tilápia, 1% de sal, 0,1% de pimenta do reino, 0,3 % de alho em pó desidratado e 0,5% de cebola desidratada, 3% de amido de milho, 1,1% de água e 4% de óleo de girassol. A formulação com 0,2% de eritorbato de sódio (ES) foi elaborada com 0,9% de água e 0,2% de eritorbato de sódio, mantendo os demais ingredientes conforme o controle. A formulação com 0,2% de óleo essencial de gengibre (OE) e a formulação com 0,2% de extrato supercrítico de gengibre (ESC) foram preparadas pela substituição parcial do óleo de girassol, ficando 3,8% de óleo de girassol e 0,2% de óleo essencial ou extrato, mantendo os demais ingredientes conforme o controle.

As medidas das massas de todos os ingredientes foram realizadas em balança analítica (AUY220, SHIMADZU) e homogêneos manualmente. Em seguida, a massa foi dividida em porções de 10 g e modeladas em formato de hambúrgueres, embalados em embalagem de polietileno de baixa densidade e refrigerados por até 8 dias em geladeira vertical (RFCT500, CONTINENTAL), a temperatura de 4 °C ± 1 °C.

Os fishburgueres elaborados foram caracterizados quanto ao pH, estabilidade oxidativa (TBARS) e cor instrumental nos tempos de armazenamento 0, 2, 4, 6 e 8 dias, e quanto a atividade antioxidante (AA) nos dias 0, 4 e 8. Todas as análises foram realizadas em triplicata. E todos os experimentos foram realizados em 3 repetições e em períodos diferentes. A média das três repetições foi obtida para cada experimento. Além disso, foi realizada uma análise sensorial nos tempos 0, 2 e 4 dias, seguindo as recomendações da legislação brasileira para tempo de armazenamento refrigerado de produtos cárneos processados (BRASIL, 2004).

4.2.3 Caracterização dos compostos voláteis do óleo essencial e extrato supercrítico de gengibre

O óleo essencial e o extrato supercrítico de gengibre foram submetidos ao procedimento de preparação de ésteres metílicos de ácidos graxos conforme o método IUPAC (1987) com modificações descritos por Aued-Pimentel et al. (2005). Posteriormente foram realizadas as análises cromatográficas utilizando cromatógrafo a gás (GCMS-QP2010 ULTRA, SHIMADZU) acoplado a espectrômetro de massas (GC-2010 PLUS). O gás carreador utilizado foi o hélio com a velocidade linear de 40 cm/s, a coluna capilar de sílica fundida NST 5 ms de 30 m com diâmetro interno de 0,25 mm e espessura do filme de 0,25 µm. As condições instrumentais foram: Temperatura da coluna de 110 °C por 2 min, taxa de aquecimento 10 °C / minutos até 200 °C, mantida por 10 minutos, taxa de aquecimento de 5 °C/min até 230 °C mantida por 20 min, a temperatura do injetor de 250 °C e do detector de 200 °C, a fonte de 230 °C. Os compostos foram identificados com o banco de dados da biblioteca NIST-11 do sistema.

4.2.4 Determinação do potencial hidrogeniônico – pH

O pH das amostras de fishburgueres foi medido com pHmetro de bancada (HI2221, HANNA INSTRUMENTS) previamente calibrado, após a homogeneização de 10 g de amostra com 100 mL de água destilada (IAL, 2008).

4.2.5 Análise de cor instrumental

A análise de cor dos fishburgueres foi realizada nas superfícies das amostras cruas com colorímetro portátil (KONICA MINOLTA OPTICS INC., CHROMA METER CR-400/410), previamente calibrado com placa de porcelana branca. Foi utilizada a escala CIE L*C*h, na qual o componente L* representa luminosidade, croma (C*) a intensidade da cor e o ângulo *hue* representa a tonalidade das diferentes cores existentes.

4.2.6 Determinação da oxidação lipídica através de substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS)

A determinação do ácido tiobarbitúrico foi realizada transferindo 5 g de amostra de fishburguer para um tubo de polipropileno com 5 mL de cloreto de potássio a 1% e homogeneizado em vortex por 2 minutos, em seguida centrifugado em centrífuga de bancada (3-16 L, SIGMA), por 20 minutos, a 5000 rpm. Posteriormente foi retirado 1 mL do sobrenadante e transferido para outro tubo de polipropileno com 0,25 mL de ácido tricloroacético 30%, e 1 mL de ácido tiobarbitúrico (TBA) 0,8%, completado com água destilada até 3 mL e homogeneizado em vortex por 2 minutos. A mistura foi aquecida em banho-maria por 30 minutos e decorrido esse tempo foi adicionado 5 mL de 1-butanol em cada tubo, após homogeneizado em vortex por 2 minutos e centrifugado a 5000 rpm por 20 minutos foi realizada medida da absorbância da fase orgânica em espectrofotômetro UV-visível (EVOLUTION 201, THERMOSCIENTIFIC) no comprimento de onda de 533 nm. Os resultados foram expressos em mg de malonaldeído (MDA) por quilograma de amostra (mg MDA / kg).

4.2.7 Atividade antioxidante (AA) determinada pelo método 2,2 -difênil -1- picril – hidrazil (DPPH)

A determinação da atividade antioxidante total pela captura do radical livre de DPPH foi realizada conforme metodologia descrita por Rufino et al. (2007) com modificações, para o óleo essencial, extrato supercrítico e todas as formulações de fishburgueres. Para cada dia de análise foi realizada uma nova curva de calibração. A leitura da medida da absorbância foi realizada em espectrofotômetro de UV-visível (EVOLUTION 201, THERMOSCIENTIFIC) no comprimento de onda de 515 nm. Os resultados foram expressos em g amostra / g DPPH, conforme utilizado em trabalhos anteriores (PEREIRA et al., 2012; RUFINO et al., 2010).

4.2.8 Análise sensorial com painel treinado

O estudo foi previamente aprovado (CAAE: 53646116.4.0000.5564), pelo Comitê de Ética com Seres Humanos (CEP/SH) da Universidade Federal da Fronteira Sul. A análise foi realizada com painel treinado composto por 5 avaliadores previamente treinados no laboratório

de análise sensorial. O painel avaliou os atributos de cor, odor, sabor e impressão global dos fishburgueres. Foi utilizada uma escala estruturada de 9 pontos descrita por Ozogul et al. (2010), variando de 9 “qualidade muito boa”, 7 - 8 “qualidade boa”, 5 - 6 “qualidade aceitável”, 1 - 4 “qualidade ruim ou inaceitável”. Em cada dia de avaliação sensorial, as amostras foram assadas a 180 °C em forno de convecção forçada de ar (C20, PRÁTICA TECHNICOOK), pré-aquecido a 180 °C por 10 minutos, até atingir a temperatura central de 75 °C (~ 6 minutos), controlada por um termômetro digital. As amostras (10 g) foram dispostas em pratos descartáveis de cor branca codificadas com números aleatórios de 3 dígitos. Cada avaliador, em cabines individualizadas, analisou duas repetições de cada formulação, apresentadas de forma monádica e em ordem aleatória para cada avaliador. A média das duas avaliações foi obtida para cada formulação. O painel foi instruído a limpar o paladar com água a temperatura ambiente e biscoito água e sal entre as amostras.

4.2.9 Análise estatística

Os dados do DPPH do óleo essencial e do extrato supercrítico de gengibre foram submetidos a análise de variância (ANOVA) univariada para determinar diferenças significativas com 95% de significância ($p < 0,05$) e foram apresentados como média \pm erro padrão da média. Com relação aos dados dos fishburgueres, os efeitos da formulação (F), tempo de armazenamento (ST) e a interação dos fatores (F x ST) nas variáveis estudadas foram analisados por ANOVA com 95% de significância ($p < 0,05$). Na ANOVA utilizou-se o modelo linear $Y_{ijk} = m + G_i + A_j + GA_{ij} + E_{ijk}$, onde Y_{ijk} representa a variável dependente na k -ésima observação; m é a média geral; G_i o efeito de F ($i = C, ES, OE, EC$); A_j efeito do ST ($j = T_0, T_2, T_4, T_6, T_8$); GA_{ij} é o efeito da interação entre F e ST, e E_{ijk} é o erro aleatório. Na análise sensorial os avaliadores foram considerados como blocos e foi incluído o parâmetro B_k ($k = 1, 2, 3, 4, 5$) no modelo acima.

Quando não houve diferença significativa na interação F x ST, os resultados foram expressos com a média \pm erro padrão da média dos fatores, F e ST. A comparação de médias foi realizada pelo Teste de Tukey ($p < 0,05$), quando F e / ou ST foram significativos ($p < 0,05$). Para interação F x ST significativa, realizou-se análise de regressão polinomial e determinação do coeficiente de correlação (R^2). A análise estatística foi realizada usando o *software* Genes versão 1990.2017.61 desenvolvido pela Universidade Federal de Viçosa (CRUZ, 2013).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 CARACTERIZAÇÃO DO ÓLEO ESSENCIAL E EXTRATO SUPERCRÍTICO DE GENGIBRE

A Tabela 1 apresenta o resultado qualitativo dos compostos voláteis identificados por cromatografia gasosa do óleo essencial obtido por hidrodestilação e do extrato supercrítico de gengibre. Os compostos voláteis encontrados foram semelhantes em ambas as amostras, diferindo principalmente na concentração dos compostos voláteis, com exceção do gingerol (0,2%), γ - Elemeno (0,5%), β - Curcumeno (0,2%) e β - Copaeno (1,3%) que foram encontrados somente no extrato supercrítico. Os compostos com maiores concentrações, conforme a área relativa, foram o α - Zingibereno com 30,1% e 42,1%; β - Sesquifelandreno, 15,3% e 17,0%; α - Farneseno, 11,1% e 11,0%; β - Bisaboleno, 10,5% e 9,8%; e o α - Curcumeno com 9,1% e 5,8%, para o óleo essencial e extrato, respectivamente. Mesomo et al., (2013) também encontraram esses compostos, tanto no óleo essencial como no extrato supercrítico, mas em quantidades diferentes. Outros estudos que avaliaram a composição óleos essenciais de gengibre encontraram outros compostos em sua composição (EL - GHOROB et al., 2010; SINGH et al., 2008). As variações encontradas podem estar relacionadas a diversos fatores tais como o cultivo, fase de crescimento, região, entre outros (SARI et al., 2006).

Adicionalmente foi determinada a atividade antioxidante do óleo e do extrato supercrítico de gengibre, pelo método de sequestro do radical livre de DPPH. A maneira pelo qual o resultado é expresso mostra que quanto menor for o valor, maior é sua atividade antioxidante (PEREIRA et al., 2012). O extrato supercrítico apresentou uma atividade antioxidante de $0,29 \pm 0,05 \times 10^5$ g de amostra / g de DPPH enquanto que o óleo essencial apresentou $0,64 \pm 0,01 \times 10^5$ g de amostra / g de DPPH. Essa diferença pode ser explicada pela presença do gingerol (5-hidróxi-3-metóxi-fenil) (0,2%) no extrato supercrítico, pois o mesmo é um composto do gengibre com atividade antioxidante comprovada (ZANCAN et al., 2002). Swapna; Sonale; Kadimi (2012) também encontraram atividade antioxidante elevada para extrato de gengibre por supercrítico com CO₂ e que o gingerol e seus derivados têm atividade antioxidante importante.

A menor atividade antioxidante do óleo de gengibre pode estar relacionada com o aquecimento por um longo período durante o processo de hidrodestilação, assim ocorrendo a degradação dos compostos responsáveis por sua atividade antioxidante, o que não ocorre na

extração por fluido supercrítico. Conforme An et al. (2016) o aquecimento mais intenso do gengibre pode causar uma menor atividade antioxidante, devido a degradação de compostos voláteis, como o gingerol encontrado no extrato supercrítico da amostra analisada.

Tabela 1– Principais compostos voláteis do óleo essencial e extrato supercrítico de gengibre

Compostos*	OE	ESC	Compostos*	OE	ESC
2 – Butanona	0,2	0,7	α – Zingibereno	30,1	42,1
2 – Undecanona	0,5	0,1	β – Bisaboleno	10,5	9,8
Borneol	1,6	0,4	β – Citral	4,1	1,7
Gingerol	n.d	0,2	β – Copaeno	n.d	1,3
Trans – Nerolidol	1,2	0,7	β – Curcumeno	n.d	0,2
α – Bisabolol	1,5	1,0	β – Elemeno	0,8	0,5
α – Citral	6,4	3,8	β – Eudesmol	1,4	0,8
α – Curcumeno	9,1	5,8	β – Farneseno	0,4	0,3
α – Farneseno	11,1	11,0	β – Sesquifelandreno	15,3	17,0
α – Terpeneol	0,9	0,3	γ – Elemeno	n.d	0,5

OE: óleo essencial de gengibre; ESC: extrato de gengibre por supercrítico; * Resultados em % de área relativa de cada composto, segundo a biblioteca do CG-MS; n.d. = Não detectado; análise qualitativa.

Fonte: Elaborado pelo autor, 2018.

5.2 AVALIAÇÃO DO pH, COR INSTRUMENTAL E ATIVIDADE ANTIOXIDANTE DOS FISHBURGUERES

Os resultados de pH, cor instrumental e atividade antioxidante pelo método do DPPH das quatro formulações de fishburgueres (F) e dos cinco tempos de armazenamento refrigerado (ST) estão apresentados na Tabela 2. Como a interação dos dois fatores F x ST não apresentaram diferença significativa ($p > 0,05$), os resultados foram expressos com a média das quatro formulações (C, ES, OE, ESC) e dos cinco tempos de armazenamento (T0, T2, T4, T6, T8).

Não foram observadas diferenças significativas nos valores de pH entre as formulações, ficando em torno de 6,6, indicando que não houve efeito da formulação no pH dos fishburgueres. O pH sofreu influência somente do tempo de armazenamento. O valor de pH inicial foi de 6,7, havendo uma diminuição e estabilizando em 6,5 a partir do sexto dia. O pH manteve-se na neutralidade e dentro do valor *post-mortem* para peixes, que varia de 6,0 a 6,8 (KHALAFALLA; ALI; HASSAN, 2015).

Alguns estudos encontraram resultados diferentes. Mancini et al. (2017a) não encontraram efeito no pH nas formulações e no tempo de armazenamento para hambúrguer de carne de porco com adição de gengibre em pó, armazenado refrigerado. Hernández et al. (2009) observaram flutuação dos valores de pH de filés de peixe refrigerados. Khalafalla; Ali; Hassan (2015) verificaram um aumento do pH durante o armazenamento refrigerado de filés de tilápia com a adição de extratos de tomilho e alecrim.

Conforme a Tabela 2, os parâmetros de cor instrumental medidos foram L^* , *croma* e *hue*. O ST influenciou apenas o ângulo *hue* que aumentou de $61,6^\circ$ para $85,0^\circ$ no final do armazenamento refrigerado. Com isso, os produtos ficaram com cor mais próxima do eixo amarelo (90°). Essa mudança pode ser em decorrência da oxidação lipídica. Somente o parâmetro de intensidade da cor (*croma*) apresentou efeito da formulação. O extrato supercrítico tornou a ESC com coloração mais intensa em relação as demais. Outros trabalhos que também avaliaram ingredientes naturais aplicados em produtos cárneos e peixes encontraram modificações nas cores devido ao uso dos aditivos (ABDEL - NAEEM; MOHAMED, 2016; MANCINI et al., 2017a).

A atividade antioxidante (AA) avaliada pela capacidade de sequestrar o radical livre DPPH apresentou efeito apenas para a análise das formulações. O controle teve o maior valor ($8,2 \times 10^5$ g de amostra/g de DPPH) e assim apresentou a menor atividade antioxidante, seguido da formulação OE ($4,9 \times 10^5$ g de amostra/g de DPPH), mas não apresentando diferença estatística entre as duas formulações, assim não trazendo uma melhora na atividade antioxidante do fishburger e conseqüentemente não apresentando um aumento no tempo de armazenamento da carne. Esse resultado mostra que o óleo essencial de gengibre, quando aplicado em produtos à base de peixe, não apresenta atividade antioxidante expressiva, igualando-se a formulação que não contém nenhum tipo de antioxidante. Comparando as médias das demais formulações, a ESC apresentou a maior atividade antioxidante ($0,6 \times 10^5$ g de amostra/g de DPPH), seguido da ES ($1,0 \times 10^5$ g de amostra/g de DPPH) contudo, não ocorrendo diferença estatística entre elas. O resultado encontrado demonstra que o extrato supercrítico aumentou atividade antioxidante do fishburger e sua atividade antioxidante ficou equivalente ao eritorbato de sódio.

Tabela 2– Avaliação do pH, cor instrumental (L*, croma e ângulo *hue*) e atividade antioxidante (AA) dos fishburgueres

	Formulação (F)				Tempo de armazenamento (ST)					p valor	
	C	ES	OE	ESC	T0	T2	T4	T6	T8	F	ST
pH	6,5±0,02	6,6±0,01	6,6±0,02	6,6±0,02	6,7±0,02 ^a	6,6±0,01 ^b	6,6±0,01 ^b	6,5±0,02 ^c	6,5±0,01 ^c	ns	<0,01
L*	56,2±0,19	55,3±0,29	55,5±0,17	55,5±0,32	56,4±0,21	54,9±0,14	56,1±0,24	55,7±0,35	55,1±0,35	ns	ns
Croma	14,0±0,11 ^d	14,1±0,17 ^d	13,8±0,11 ^d	15,1±0,20 ^e	14,9±0,15	13,8±0,15	14,1±0,27	14,5±0,19	14,2±0,16	<0,05	ns
<i>Hue</i>	77,1±1,87	64,7±1,32	74,1±1,91	75,8±1,70	61,6±0,71 ^b	70,1±1,39 ^b	79,2±1,21 ^a	65,1±2,26 ^b	85,0±2,45 ^a	ns	<0,01
AA ¹	8,2±0,01 ^e	1,0±0,02 ^d	4,8±0,01 ^e	0,6±0,02 ^d	3,0±0,02	-	4,1±0,02	-	6,0±0,03	<0,05	ns

C: controle; ES: formulação com eritorbato de sódio; OE: formulação com óleo essencial de gengibre; ESC: formulação com extrato de gengibre por fluido supercrítico; ^{a-c} médias com letras diferentes na mesma linha indicam diferença significativa para o tempo de armazenamento (ST); ^{d-e} médias com letras diferentes na mesma linha indicam diferença significativa para a formulação (F); ns: não significativo ($p > 0,05$); ¹ Os resultados de AA são multiplicados por 10^5 e expresso por g de amostra/g de DPPH.
 Fonte: Elaborado pelo autor, 2018.

O fator ST não apresentou influência significativa sobre os resultados da AA, indicando que o tempo estudado não interferiu na atividade antioxidante dos fishburgueres e que a ação depende das propriedades dos compostos utilizados. Similarmente, Mancini et al. (2017a) encontraram maior atividade antioxidante em hambúrguer de carne suína com adição de gengibre em pó do que o controle. Em outro trabalho, Mancini et al. (2017b) também verificaram que, mesmo em carne cozida de coelho, o gengibre apresentou maior atividade antioxidante do que o controle.

Comparando com os resultados de AA do óleo, $0,64 \pm 0,01 \times 10^5$ g de amostra / g de DPPH e do extrato supercrítico, $0,29 \pm 0,05 \times 10^5$ g de amostra / g de DPPH, verifica-se que os antioxidantes naturais de forma isolada apresentaram uma maior atividade antioxidante do que quando aplicados nos fishburgueres. Essa redução da atividade antioxidante nos fishburgueres pode ter ocorrido devido a diversos fatores como é relatado em diversos estudos. A ação de antioxidantes naturais em alimentos depende da interação com a matriz alimentícia estudada, condições ambientais, concentração e a forma de adição do antioxidante, entre outros fatores (MARIUTTI; BRAGAGNOLO, 2009; ARTS, 2002). Consequentemente, a interação dos compostos antioxidantes com os substratos, a matriz do alimento que contém alta atividade de água e umidade, além da sua exposição ao oxigênio e luz, podem ter contribuído para a redução da AA dos antioxidantes naturais nos fishburgueres.

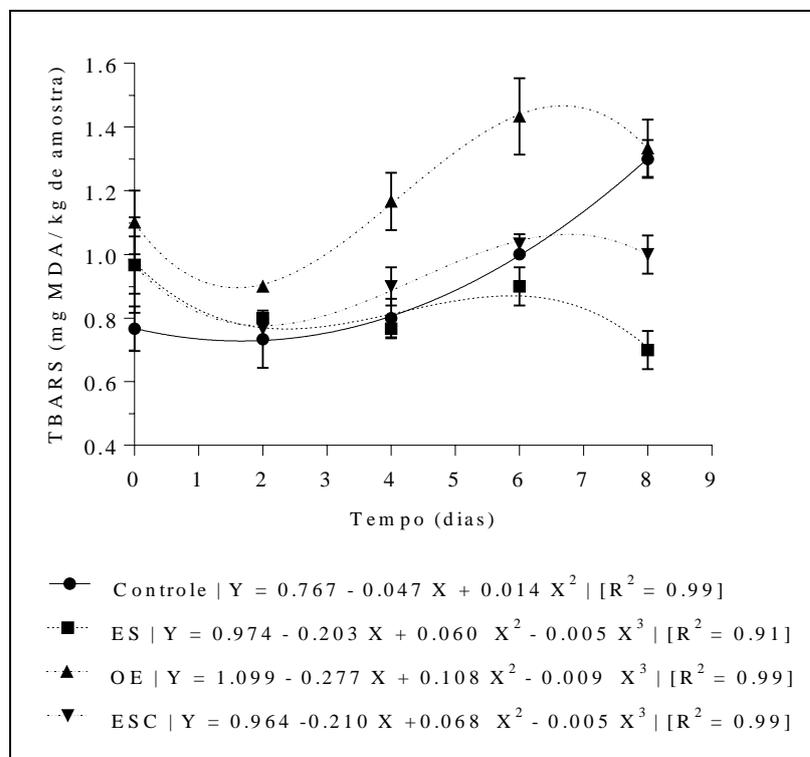
É importante ressaltar que foram utilizados condimentos desidratados, como alho, cebola e pimenta do reino, nas formulações. É conhecido na literatura que temperos são fontes de compostos antioxidantes como vitamina C, E, compostos fenólicos e carotenoides (PRIECINA; KARKLINA, 2014). Cao et al (2013) descreveram que cebola e alho apresentam atividade antioxidante em carne de porco. Então, esses ingredientes podem ter agido como antioxidantes naturais, resultando em efeitos sinérgicos nas formulações, explicando a atividade antioxidante presente na própria formulação controle.

Apesar da diferença apresentada entre as formulações, pode-se concluir que o extrato supercrítico, mesmo aplicado em fishburguer, apresentou atividade antioxidante e com o mesmo potencial do antioxidante sintético utilizado, já o óleo essencial de gengibre aplicado em fishburguer apresentou a menor atividade antioxidante, similar ao controle.

5.3 AVALIAÇÃO DA OXIDAÇÃO LIPÍDICA DOS FISHBURGUERES

A determinação de substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS) quantifica o malonaldeído formado no processo oxidativo dos alimentos, isso acontece devido a decomposição dos hidroperóxidos dos ácidos graxos poli-insaturados, causando rancidez ao produto (OZOGUL; UÇAR, 2013). A Figura 1 mostra os resultados de TBARS para as quatro formulações durante o armazenamento refrigerado, que apresentaram interação dos fatores F x ST ($p < 0,01$).

Figura 1 - Resultados de TBARS para as formulações de fishburguer durante armazenamento refrigerado



ES: formulação com eritorbato de sódio; OE: formulação com óleo essencial de gengibre; ESC: formulação com extrato supercrítico de gengibre.

Fonte: Elaborado pelo autor, 2018

No início do estudo, os valores foram $0,80 \pm 0,07$, $1,00 \pm 0,15$, $1,00 \pm 0,10$ e $1,10 \pm 0,09$ mg de MDA / kg de amostra, para as formulações C, ES, ESC e OE, respectivamente, mas não apresentaram diferença estatística significativa. Observou-se uma diminuição nos valores de TBARS no tempo 2 dias para as quatro formulações. Em seguida, ocorreu um aumento até o tempo 6 dias para todas as formulações. No final do período estudado, houve uma diminuição

dos valores de mg de MDA / kg de amostra para as formulações ES, OE e ESC, exceto o controle. Essa flutuação dos valores pode ter ocorrido devido a degradação do malonaldeído (MDA) ao reagir com uma série de compostos (proteínas, aminas, entre outros) diminuindo sua quantidade livre para reagir com o TBA (GRAU et al., 2001), assim apresentando um menor valor no resultado de TBARS.

Apesar do controle ter iniciado com uma carga de malonaldeído menor no tempo 0 dias, seu aumento foi contínuo até o tempo final, seguindo um comportamento polinomial de segunda ordem. A formulação ESC ($1,00 \pm 0,06$ mg de MDA / kg de amostra) não apresentou diferença significativa com relação a formulação ES ($0,7 \pm 0,06$ mg de MDA / kg de amostra) no final do estudo. A maior atividade antioxidante da formulação ESC pode estar relacionada a presença do gingerol (Tabela 1) o qual não foi encontrado na OE.

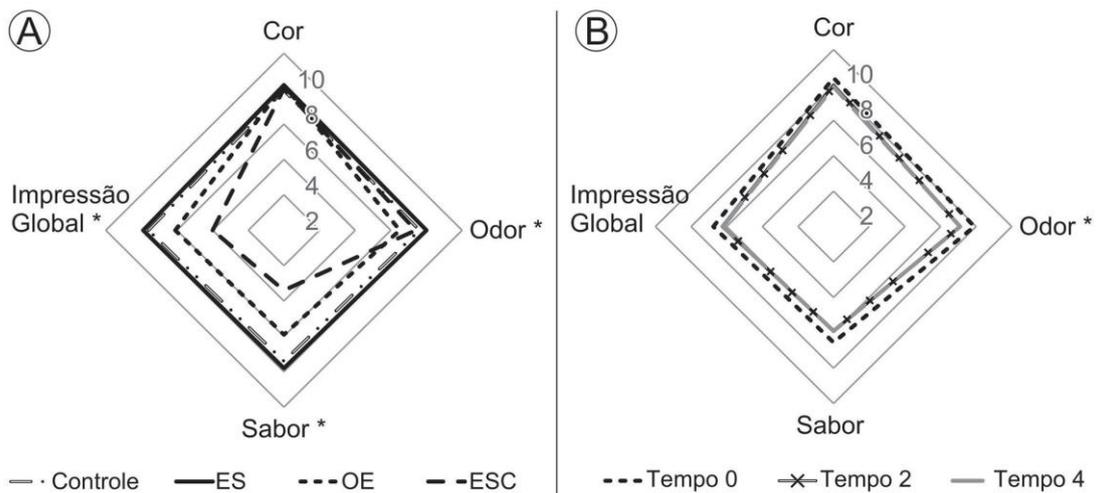
Além do gingerol, outros componentes com propriedades antioxidantes podem estar presentes no extrato supercrítico e com isso, serem responsáveis por minimizar a oxidação dos lipídios na formulação ESC de maneira análoga à formulação ES com antioxidante sintético. No presente estudo, identificou-se somente os compostos voláteis por cromatografia gasosa. Porém é conhecido que compostos não voláteis como os compostos fenólicos presentes no gengibre também apresentam atividade antioxidante (SVARC-GAJIC et al., 2017). Os autores, Svarc-Gajic et al. (2017), identificaram o composto fenólico ácido p - cumárico, o terpenóide rosmanol e o álcool aromático 6-paradol, que possuem propriedades antioxidantes relatadas na literatura, em extratos de gengibre. Adicionalmente, Si et al. (2018) verificaram que o extrato de gengibre apresentou maior atividade antioxidante do que os compostos isolados do gengibre, como o gingerol. Os autores concluíram que efeitos sinérgicos podem existir entre os componentes, aumentando a atividade antioxidante do extrato de gengibre.

A formulação OE foi a que apresentou maior valor de TBARS desde o início (1,1 mg de MDA / kg de amostra) do estudo. No tempo final, seu valor ficou próximo ao controle, estando de acordo com os resultados encontrados na análise da atividade antioxidante (AA) (Tabela 2), comprovando que a óleo essencial aplicado em produtos de peixe teve pouca efetividade como inibidor da oxidação lipídica. Oğuzhan Yildiz; Yangilr (2017), no estudo sobre a qualidade da truta arco-íris refrigerada com revestimento de óleos vegetais, também observaram resultados similares ao presente trabalho, onde as amostras que continham apenas óleo essencial de gengibre apresentaram resultados próximos aos encontrados para o controle.

5.4 AVALIAÇÃO SENSORIAL DOS FISHBURGUERES

Os atributos sensoriais (cor, odor, sabor e impressão global) das formulações C, ES, OE e ESC são apresentados na Figura 2. A análise sensorial com painel treinado não mostrou diferença estatística para a interação F x ST. Esse comportamento foi diferente ao encontrado em outros trabalhos que avaliaram a adição de antioxidantes naturais em produtos de origem animal e que apresentaram interação F x ST nos diversos atributos estudados (ABDOLLAHZADEH et al., 2014; KHALAFALLA et al., 2015; OĞUZHAN YILDIZ E YANGILR, 2017; OZOGUL et al., 2010 e TURGUT et al., 2016). Como no estudo não apresentou interação dos fatores F x ST, os resultados foram expressos com a média das quatro formulações (C, ES, OE, ESC) e dos cinco tempos de armazenamento (T0, T2, T4, T6, T8).

Figura 2 – Análise sensorial das formulações de fishburgueres com painel treinado



A: Avaliações sensoriais em função das formulações (F); B: Avaliações sensoriais em função do tempo de armazenamento (ST); ES: formulação com eritorbato de sódio; OE: formulação com óleo essencial de gengibre; ESC: formulação com extrato supercrítico de gengibre. * Indica diferença significativa entre as F ou os ST ($p < 0,05$).

Fonte: Elaborado pelo autor, 2018.

A análise sensorial apresentou diferença significativa entre todas as F para os atributos sabor, odor e impressão global (Figura 2 A). As formulações OE e ESC tiveram avaliação da qualidade inferior ao controle e ES. Isso ocorreu devido as características picantes e aromáticas do gengibre, principalmente na formulação com extrato supercrítico, que foi considerada de sabor inaceitável. Já a OE foi considerada de qualidade aceitável para todos os atributos avaliados, provavelmente devido ao sabor menos intenso do que o extrato de gengibre. A cor das amostras foi avaliada como muito boa para todas as formulações.

O ST influenciou somente o atributo odor que diminuiu de 8 no tempo inicial para 7 nos tempos intermediário e final (2 e 4 dias), porém, ambas avaliações foram consideradas de qualidade boa na escala utilizada. Essa leve redução na avaliação sensorial pelo painel sensorial pode ter ocorrido devido a volatilização dos compostos responsáveis pelo odor.

Mancini et al. (2017a) não encontraram diferença entre as formulações na avaliação sensorial de hambúrgueres de carne de porco com gengibre em pó. Os autores utilizaram concentrações elevadas de 1 - 2% de gengibre desidratado, porém, não afetaram as características sensoriais dos produtos desenvolvidos. Esse resultado diferiu do obtido no presente estudo com extrato supercrítico, provavelmente por conter maior concentração dos componentes responsáveis pelo sabor picante e característico de gengibre.

Como visto na Tabela 1, o extrato supercrítico possui maior conteúdo de α -zingibereno e β -Sesquifelandreno do que o óleo essencial de gengibre, além de apresentar o gingerol. Esses compostos voláteis podem ter contribuído com a avaliação inferior do sabor da formulação ESC, apresentando sabor e impressão global inaceitáveis, pois são responsáveis pelas características pungentes do gengibre mesmo em baixas concentrações.

6 CONCLUSÃO

Os resultados encontrados neste trabalho demonstram que o extrato supercrítico de gengibre apresenta uma maior atividade antioxidante do que o óleo essencial de gengibre e isso pode estar relacionado com o processo de obtenção. O fishburguer de tilápia com extrato supercrítico apresentou resultado mais eficientes no controle da oxidação lipídica durante o armazenamento refrigerado do que o fishburguer com óleo essencial de gengibre, e agindo de maneira similar ao fishburger com o antioxidante sintético. Porém, a adição do extrato afetou negativamente a avaliação sensorial do produto devido ao seu sabor marcante. Assim se faz necessário avaliar novas formas de aplicação do extrato supercrítico para poder ser utilizado em escala industrial em substituição aos antioxidantes sintéticos.

REFERÊNCIAS

- ABDEL-NAEEM, H.; MOHAMED, H. M. H. Improving the physico-chemical and sensory characteristics of camel meat burger patties using ginger extract and papain. **Meat Science**, [s. l.], v. 118, p. 52 – 60, 2016.
- ABDOLLAHZADEH, E.; REZAEI, M.; HOSSEINI, H. Antibacterial activity of plant essential oils and extracts: The role of thyme essential oil, nisin, and their combination to control *Listeria monocytogenes* inoculated in minced fish meat. **Food Control**, [s. l.], v. 35, p. 177–183, 2014.
- AMORIM, A.; FERREIRA, A. R. R.; CARRAPIÇO, E. Review Article: Ginger for the treatment of nausea and vomiting of pregnancy: revision based on Evidence. **Acta Obstetricia e Ginecologia Portuguesa**, v. 7, n. 2, p. 103–108, 2013.
- AN, K.; ZHAO, D.; WANG, J.; XU, Y.; XIAO, G. Comparison of different drying methods on Chinese ginger (*Zingiber officinale* Roscoe): Changes in volatiles, chemical profile, antioxidant properties, and microstructure. **Food Chemistry**, [s. l.], v. 197, p. 1292–1300, 2016.
- ANSEL, H. C.; STOKLOSA, M. J. **Cálculo Farmacêutico**. 12^a edição. Chicago: editora Artmed. [s.n.], 2008.
- ARTS, M. J. T. J., HAENEN, G. R. M. M., WILMS, L. C., BEETSTRA, S. A. J. N., HEIJNEN, C. G. M., VOSS, H. P., E BAST, A. Interactions between flavonoids and proteins: Effect on the total antioxidant capacity. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 50, n. 5, p. 1184 - 1187, 2002.
- AUED-PIMENTEL, S. et al. Ácidos graxos saturados em produtos alimentícios: comparação de procedimentos na análise por cromatografia gasosa. **Revista Instituto Adolfo Lutz**, [s. l.], v. 64, n. 2, p. 167–172, 2005.
- BAKKALI, F., AVERBECK, S., AVERBECK, D., WAOMAR, M. Review: Biological effects of essential oils. **Food Chemistry Toxicology**, v46, p. 446 – 475, 2008.
- BARBOSA, E. D. **Secagem do extrato aquoso de gengibre (*Zingiber officinale* Roscoe) pelo método de camada de espuma**. 2016. 48f. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso Superior de Engenharia de Alimentos), Departamento Acadêmico de Alimentos, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Campo Mourão, 2016.

BARRETO, A. M.; TOSCANO, B. A.; FORTES, R. C. Efeitos do gengibre (*Zingiber officinale*) em pacientes oncológicos tratados com quimioterapia. **Comunicação em Ciências da Saúde**, v. 22, n. 3, p. 257–270, 2012.

BORSATO, A. V.; DONI-FILHO, L.; COCCO, L. C.; PAGLIA. Yield and chemical composition of essential oil of the chamomile [*Chamomilla recutita* (L.) Raeuchert] extracted for steam distillation. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 29, n. 1, p. 129-136, 2008.

BOTTERWERCK, A. A. M.; VERHAGEN, H.; GOLDBOHM, R. A.; KLEINJANS, J., BRANDT, P. A. Intake of butylated hydroxy anisole and butylated hydroxytoluene and stomach cancer risk: results from analyses in the Netherlands cohort study. **Food Chemistry Toxicology**, v. 38, p. 599-605, 2000.

BRASIL. Farmacopeia Brasileira. Ministério da Saúde – ANVISA: Agência Nacional da Vigilância Sanitária, 5ª Edição, Atheneu Editora, São Paulo, 1999.

BRASIL. Portaria nº 1004, de 11 de dezembro de 1998. Atribuição de Funções de Aditivos, Aditivos e seus limites máximos de uso para a Categoria 8 – Carnes e Produtos Cárneos. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 14 de dezembro de 1998.

BRASIL. Portaria nº 540, de 27 de outubro de 1997 - MS. Regulamento Técnico: Aditivos Alimentares - definições, classificação e emprego. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 27 de outubro de 1997.

BRASIL. Resolução - RDC nº 2, de 15 de janeiro de 2007. Regulamento Técnico sobre Aditivos Aromatizantes. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 15 de janeiro de 2007.

BRASIL. Resolução - RDC nº 216, de 15 de setembro de 2004. Regulamento Técnico de Boas Práticas para Serviços de Alimentação. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 16 de setembro de 2004.

BRUNNER, G. Supercritical fluids: technology and application to food processing. **Journal of Food Engineering**, London, v. 67, p. 21-33, 2005.

CAO, Y.; GU, W., ZHANG, J.; CHU, Y.; YE, X.; HU, Y.; CHEN, J. Effects of chitosan, aqueous extract of ginger, onion and garlic on quality and shelf life of stewed-pork during refrigerated storage. **Food Chemistry**, v. 141, p. 1655 - 1660, 2013.

CAROCHO, M.; MORALES, P.; FERREIRA, I. C.F.R. Antioxidants: Reviewing the chemistry, food applications, legislation and role as preservatives. **Trends in Food Science & Technology**, v. 71, p. 107-120, 2018.

CASS, Q. **Cromatografia líquida: Novas aplicações e tendência**. Rio de Janeiro: Editora Campus, 1ª edição, 2015.

CHAIJAN, M. Review: Lipid and myoglobin oxidations in muscle foods. **Songklanakarin Journal of Science and Technology**, v. 30, n. 1, p. 47–53, 2008.

CHEMAT, F; VIAN, M. A; CRAVOTTO, G. Green extraction of natural products: concepts and principles. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 13, n. 7, p. 8615-8627, 2012.

CHENG, X. L.; LIU, Q.; PENG, Y.B.; QI, L.W.; LI, P. Steamed ginger (*Zingiber officinale*): Changed chemical profile and increased anticancer potential. **Food Chemistry**, v. 129, n. 4, p. 1785 – 1792, 2011.

CONEGLIAN, S. M.; LIMA, B. S; SILVA, L. G.; LAZZARI, C. M.; SERRANO, R. D. C. TONELLO, C. L. Utilização de antioxidantes nas rações. **PUBVET - Publicações em Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 5, n. 5, ed. 152, art. 1026, 2011.

CRUZ, C. D. GENES - A software package for analysis in experimental statistics and quantitative genetics. **Acta Scientiarum - Agronomy**, [s. l.], v. 35, n. 3, p. 271 – 276, 2013.

EL - GHOROB, A. H.; AUMAN, H.; ANJUM, F. M.; HUSSAIN, S.; NADEEM, M. A Comparative study on chemical composition and antioxidant activity of ginger (*Zingiber officinale*) and cumin (*Cuminum cyminum*). **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, [s. l.], v. 58, n. 14, p. 8231 – 8237, 2010.

EL-SAYED, A. F. M. Tilapia culture. **CABI Publishing**, v. 106, n. 3 – 4, p. 304, 2006.

FALOWO, A. B.; FAYEMI, P. O.; MUCHENJE, V. Natural antioxidants against lipid–protein oxidative deterioration in meat and meat products: A review. **Food Research International**, v. 64, p 171 – 181, 2014.

FAO - **Food and Agriculture Organization of the United Nations**. *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758). FAO - Fisheries and Aquaculture department, v. 3, n. 2, p. 135–149, 2008.

FOGAÇA, F.H.S.; SANT'ANA, L.S. Lipid oxidation in fishes: action mechanism and prevention. **Archives of Veterinary Science**, v.14, n.2, p.117 - 127, 2009.

GONÇALVES, G. M. S.; SILVA, G. H.; BARROS, P. P.; SREBERNICH, S. M.; TONON, F. R.; FIORE, D. S. Antimicrobial effect and enzymatic activity of extract of *Zingiber officinale* Roscoe and stability in topical preparations. **Revista de Ciências Farmaceuticas Basica e Aplicada**, [s. l.], v. 35, n. 2, p. 205 – 210, 2014.

GONÇALVES, M. J. S. R. **Aproveitamento integral dos resíduos da filetagem de tilápia e avaliação do impacto econômico**. 2009. 69f. Dissertação (Mestrado em aquicultura) [s.l.] Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2009.

GRAU, A.; GUARDIOLA, F.; GRIMPA, S.; BARROETA, AC. Oxidative stability of dark chicken meat through frozen storage: influence of dietary fat and α -tocopherol and ascorbic acid supplementation. **Poultry science**, v.80, n.11, p.1630-1642, 2001.

HASSOUN, A.; ÇOBAN, Ö. Essential oils for antimicrobial and antioxidant applications in fish and other seafood products. **Trends in Food Science & Technology**, v. 68, p. 26 - 36, 2017.

HEIN, G.; PARIZOTTO, M. L. V.; BRIANESE, R. H. Referência modular para o Oeste do Paraná agricultura familiar, semi - intensivo, tanques escavados, clima Cfa - Uma atividade que agrega renda a propriedade em áreas marginais. **EMATER - PR**, Toledo, 2004.

HERNÁNDEZ, M. D.; LÓPEZ, M. B.; ÁLVAREZ, A.; FERRANDINI, E.; GARCÍA, B.; GARRIDO, M. D. Sensory, physical, chemical and microbiological changes in aquacultured meagre (*Argyrosomus regius*) fillets during ice storage. **Food Chemistry**, [s. l.], v. 114, n. 1, p. 237–245, 2009.

IAL - Instituto Adolfo Lutz -. Métodos físicos-químicos para análise de Alimentos. **Instituto Adolfo Lutz - IAL**, [s. l.], n. 4^a edição, p. 589–625, 2008.

IUPAC - International Union of Pure and Applied Chemistry. Standard methods for analysis of oils, fats and derivatives. **Blackwell Scientific Publications**, [s. l.], v. 7th, p. 1987, 1987.

JANERO, D. R. Malondialdehyde and thiobarbituric acid-reactivity as diagnostic indices of lipid peroxidation and peroxidative tissue injury. **Free Radical Biology and Medicine**, v. 9, n. 6, p. 515 - 540, 1990.

JIANG, H. **Modern Tools to Study Traditional Medicinal Plants: Ginger and Turmeric**. 2005. 292 f. Dissertation (Masters of pharmaceutical sciences pharmaceutical sciences). Department of Pharmaceutical Sciences, University of Arizona, 2005.

JUSTO, O. R. et al. Evaluation of the antioxidant potential of plant extracts obtained by supercritical fluid extraction. **Quimica Nova**, [s. l.], v. 31, n. 7, p. 1699 – 1705, 2008.

KHALAFALLA, F. A.; ALI, F. H. M.; HASSAN, A. H. A. Quality improvement and shelf-life extension of refrigerated Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) fillets using natural herbs. **Beni - Suef University Journal of Basic and Applied Sciences**, [s. l.], v. 4, n. 1, p. 33 – 40, 2015.

KIRSCHNIK, P. G. **Avaliação da estabilidade de produtos obtidos de carne mecanicamente separada de tilápia nilótica (*Oreochromis niloticus*)**. Tese (doutorado). UNESP - Universidade Estadual Paulista, Centro de Aquicultura da UNESP, SP, 2007.

KOLAKOWSKA, A. Lipid oxidation in food systems. In: SIKORSKI, Z. E.; KOLAKOWSKA, A. **Chemical and functional properties of food lipids**. [s.l: s.n.]. p. 133 – 166, 2003.

MANCINI, S.; PACI, G.; FRATINI, F.; TORRACA, B.; NUVOLONI, R.; DAL BOSCO, A.; ROSCINI, V.; PREZIUSO, G. Improving pork burgers quality using *Zingiber officinale* Roscoe powder (ginger). **Meat Science**, [s. l.], v. 129, p. 161 – 168, 2017. a.

MANCINI, S.; PREZIUSO, G.; DAL BOSCO, A.; ROSCINI, V.; PARISI, L.; PACI, G. Modifications of fatty acids profile, lipid peroxidation and antioxidant capacity in raw and cooked rabbit burgers added with ginger. **Meat Science**, [s. l.], v. 133, p. 151 – 158, 2017. b.

MARIUTTI, L. R. B.; VIBEKE, O.; BRAGAGNOLO, N.; SKIBSTED, L. H. Effect of sage and garlic on lipid oxidation in high-pressure processed chicken meat. **European Food Research and Technology**, [s. l.], v. 227, n. 2, p. 337 – 344, 2008.

MARIUTTI, L. R. B.; BRAGAGNOLO, N. Lipid oxidation of chicken meat and the impact of the addition of sage (*Salvia officinalis*, L.) and garlic (*Allium sativum*, L.) the natural antioxidants. **Revista do Instituto Adolfo Lutz**, [s. l.], v. 68, n. 1, p. 1 – 11, 2009.

MAISUTHISAKUL, P.; SUTTAJIT, M.; PONGSAWATMANIT, R. Assessment of phenolic content and free radical-scavenging capacity of some Thai indigenous plants. **Food Chemistry**, v. 100, p. 1409-1418, 2007.

MENEGASSI, M. Tecnologia do pescado: ciência, inovação e legislação. In: Aspectos Nutricionais do Pescado. Gonçalves, A. A. **Tecnologia do pescado: Ciência, Tecnologia, Inovação e Legislação**, ed. Atheneu, 2011 [s.l: s.n.].

MESSIAS, C. R. KONOPKA, D. N.; BIASI, D. C.; BATISTA, R. V.; QUAIST, E.; BAINY, E. M.; POLISELI-SCOPEL, F. H. Treinamento e caracterização sensorial de formulações de fishburger elaboradas à base de subprodutos da filetagem de tilápia (*Oreochromis niloticus*). **REBRAPA - Brazilian Journal of Food Research**, v. 7, n. 2, p. 125 – 142, 2016

MESOMO, M. C.; SCHEER, A. P.; PÉREZ, E.; NDIAYE, P. M; CORAZZA, M. L. et al. Ginger (*Zingiber officinale* R.) extracts obtained using supercritical CO₂ and compressed propane: Kinetics and antioxidant activity evaluation. **Journal of Supercritical Fluids**, [s. l.], v. 71, p. 102 – 109, 2012.

MESOMO, M. C.; CORAZZA, M. L.; NDIAYE, P. M; DALLA SANTA, O. R.; CARDOZO, L.; SCHEER, A. P. Supercritical CO₂ extracts and essential oil of ginger (*Zingiber officinale* R.): Chemical composition and antibacterial activity. **Journal of Supercritical Fluids**, [s. l.], v. 80, p. 44 – 49, 2013

MISHARINA, T. A.; TERENINA, M. B.; KRIKUNOVA, N. I. Antioxidant Properties of Essential Oils. **Applied Biochemistry and Microbiology**, v. 45, n. 6, p. 642 – 647, 2009.

MUZZOLON, E.; BIASI, D. C.; KONOPKA, D. N.; OLIVEIRA, J.; POLISELI-SCOPEL, F. H.; BAINY, E. M. Processamento de fishburger utilizando subprodutos da filetagem de tilápia: Caracterização físico-química, análise do congelamento e avaliação da vida de prateleira. **REBRAPA - Brazilian Journal of Food Research**, v. 9, n. 1, 2018.

NAGENDRA CHARII, K. L.; MANASA, D.; SRINIVAS, P.; SOWBHAGYA, H. B. Enzyme - assisted extraction of bioactive compounds from ginger (*Zingiber officinale* Roscoe). **Food Chemistry**, v. 15, n. 139 (1 – 4), p. 509 – 514, 2013.

OĞUZHAN YILDIZ, P.; YANGILIR, F. Effects of whey protein isolate based coating enriched with *Zingiber officinale* and *Matricaria recutita* essential oils on the quality of refrigerated rainbow trout. **Journal of Food Safety**, [s. l.], v. 37, n. 4, p. 1–8, 2017.

OETTERER, M. **Industrialização do pescado Cultivado**. Guaíba: editora Agropecuária, 200 p., 2002.

OLIVO, R. **O mundo do Frango: cadeia produtiva da carne de frango**. São Paulo: editora Varela, [s.n.], 2013.

OSAWA, C. C.; FELÍCIO, P. E.; GONÇALVES, L. A. G. Teste de TBA aplicado a carnes e derivados: Métodos tradicionais, modificados e alternativos. **Química Nova**, v. 28, n. 4, p. 655 – 663, 2005.

OUSSALAH, M.; CAILLET, S.; SAUCIER, L.; LACROIX, M. Inhibitory effects of selected plant essential oils on the growth of four pathogenic bacteria: *E. coli* O157:H7, *Salmonella Typhimurium*, *Staphylococcus aureus* and *Listeria monocytogenes*. **Food Control**, v. 18, n. 5, p. 414 - 420, 2007.

OZOGUL, Y.; AYAS, D.; YAZGAN, H.; OZOGUL, F.; BOGA, E. K.; OZYURT, G. The capability of rosemary extract in preventing oxidation of fish lipid. **International Journal of Food Science and Technology**, [s. l.], v. 45, n. 8, p. 1717 – 1723, 2010.

OZOGUL, Y.; UÇAR, Y.. The Effects of Natural Extracts on the Quality Changes of Frozen Chub Mackerel (*Scomber japonicus*) Burgers. **Food and Bioprocess Technology**, [s. l.], v. 6, n. 6, p. 1550–1560, 2013.

PEREIRA, M. C.; STEFFENS, R. S.; JABLONSKI, A; HERTZ, P. F.; RIOS, A. O.; VIZZOTTO, M.; FLORES, S. H. Characterization and antioxidant potential of Brazilian fruits from the Myrtaceae family. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, [s. l.], v. 60, n. 12, p. 3061 – 3067, 2012.

PEREIRA, M. M. G. **Aplicação de antioxidantes naturais em carne mecanicamente separada (CMS) de ave**. 2009. 126 f. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Santa Maria - UFMS, Programa de Ciência e Tecnologia de Alimentos, Centro de Ciências Rurais, RS, 2009.

PEREIRA, R. C. A.; SANTOS, O. G. Plantas Condimentares: Cultivo e Utilização. **Embrapa Agroindústria Tropical - Ministério da agricultura, pecuária e abastecimento**. 1ª edição, 2013.

POLÔNIO, M. L.; PERES, F. Food additive intake and health effects: public health challenges in Brazil. **Caderno de Saúde Pública**, v. 25, n. 8, p. 1653 - 1666, 2009.

PRIECINA, L.; KARKLINA, D. Natural Antioxidant Changes in Fresh and Dried Spices and Vegetables. **International Journal of Nutrition and Food Engineering**, v. 8, n. 5, p. 492 - 496, 2014

RAMALHO, V. C.; JORGE, N. Antioxidantes utilizados em óleos, gorduras e alimentos gordurosos. **Química Nova**, v. 29, n. 4, p. 755-760, 2006.

REVERCHON, E.; DE MARCO, I. Supercritical fluid extraction and fractionation of natural matter. **Journal of Supercritical Fluids**, [s. l.], v. 38, n. 2, p. 146 – 166, 2006.

RIBEIRO, E. P.; SERAVALLI, E. A. G. **Química de Alimentos**. 2ª edição. São Paulo: Blucher, [s.n.], 2007.

RUFINO, M. S. M.; ALVES, R.E.; BRITO, E. S.; MORAIS, S. M; SAMPAIO, C. G.; PÉREZ - JIMÉNES, J.; SAURA - CALIXTO, F. D.; Metodologia Científica: Determinação da atividade antioxidante total em frutas pela captura do radical livre DPPH. **Embrapa - Ministério da agricultura, pecuária e abastecimento**, [s. l.], v. 23, n. 2, p. 1 – 3, 2007.

RUFINO, M. S. M.; ALVES, R. E.; BRITO, E. S.; PÉREZ - JIMÉNEZ, J.; SAURA - CALIXTO, F.; MANCINI - FILHO, J. Bioactive compounds and antioxidant capacities of 18 non-traditional tropical fruits from Brazil. **Food Chemistry**, [s. l.], v. 121, n. 4, p. 996 – 1002, 2010.

SARI, M.; BIONDI, D. M.; KAËBECHÉ, M.; MANDALARI, G.; D'ARRIGO, M. BISIGNANO, G.; SAIJA, A.; DAQUINO, C. RUBERTO, G. Chemical composition, antimicrobial and antioxidant activities the essential oil of several populations of Algerian *Origanum glandulosum* Desf. **Flavor and Fragrance Journal**, v. 21, n. 6, p. 890 - 898, 2006.

SHAHIDI, F.; WANASUNDARA, U. N. Methods for Measuring Oxidative Rancidity in Fats and Oils In: In: DEKKER, M. In: Akoh CC, Min DB, editors. **Food lipids: chemistry, nutrition and biotechnology**. New York, NY: [s.n.]. v. 7, 2009.

SHAH, M. A.; BOSCO, S. J. D.; MIR, S. A. Plant extracts as natural antioxidants in meat and meat products. **Meat Science**, [s. l.], v. 98, n. 1, p. 21–33, 2014.

SHUKLA, Y.; SINGH, M. Cancer preventive properties of ginger: A brief review. **Food and Chemical Toxicology**, v. 45, n. 5, p. 683 – 690, 2007.

SINGH, G.; KAPOOR, I. P; SINGH, P., HELUANI, C. S., LAMPASONA, M. P.; CATALAN, C. A. Chemistry, antioxidant and antimicrobial investigations on essential oil and oleoresins of *Zingiber officinale*. **Food and Chemical Toxicology**, [s. l.], v. 46, n. 10, p. 3295–3302, 2008.

SI, W.; CHEN, Y. P; ZHEN, J.; CHEN, Y.; CHUNG, H. Y. Antioxidant activities of ginger extract and its constituents toward lipids. **Food Chemistry**, v. 239, p. 1117-1125, 2018.

ŠVARC-GAJIĆ, J.; CVETANOVIĆ, A.; SEGURA-CARRETERO, A.; LINARES, I. B., MAŠKOVIĆ, P. Characterization of ginger extracts obtained by subcritical water. **The Journal of Supercritical Fluids**, v. 123, p. 92 – 100, 2017.

SWAPNA SONALE, R.; KADIMI, U. S. Characterization of gingerol analogues in supercritical carbon dioxide (SC CO₂) extract of ginger (*Zingiber officinale*, R.). **Journal of Food Science and Technology**, [s. l.], v. 51, n. 11, p. 3383 – 3389, 2012.

TURGUT, S. S.; SOYER, A.; IŞIKÇI, F. Effect of pomegranate peel extract on lipid and protein oxidation in beef meatballs during refrigerated storage. **Meat Science**, [s. l.], v. 116, p. 126 – 132, 2016.

WHO. WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Monographs on selected medicinal plants**. V.1, p. 277-287, 1999.

YEH, H. Y.; CHUANG, C. H.; CHEN, H. C.; WAN, C. J.; CHEN, T. L., LIN, L. Y.; Bioactive components analysis of two various gingers (*Zingiber officinale* Roscoe) and antioxidant effect of ginger extracts. **LWT - Food Science and Technology**, v. 55, n. 1, p. 329 – 334, 2014.

ZANCAN, K. C.; MARQUES, M. O. M.; PETENATE, A. J.; MEIRELES, M. A. A. Extraction of ginger (*Zingiber officinale* Roscoe) oleoresin with CO₂ and co-solvents: a study of the antioxidant action of the extracts. **Journal of Supercritical Fluids**, v. 24, p. 57 - 76, 2002.

ZICK, S. M.; DJURIC, Z.; RUFFIN, M.; LITZINGER, A. J.; NORMOLLE, D. P.; FENG, M. R.; BRENNER, D. E. Pharmacokinetics of 6-, 8-, 10-Gingerols and 6-Shogaol and Conjugate Metabolites in Healthy Human Subjects. **Cancer Epidemiology Biomarkers Prevention**, v. 17, n. 8, p. 1930 – 1936, 2008.