

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS  
CENTRO DE CIÊNCIAS DA NATUREZA (CCN)

Julia Pereira Diniz

**“EFEITO DO EXTRATO DE PIMENTA ROSA E DO TIPO DE EMBALAGEM  
SOBRE A QUALIDADE E ESTABILIDADE OXIDATIVA DE HAMBÚRGUER DE  
FRANGO”**

Buri

2022

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS  
CENTRO DE CIÊNCIAS DA NATUREZA (CCN)

Julia Pereira Diniz

**“EFEITO DO EXTRATO DE PIMENTA ROSA E DO TIPO DE EMBALAGEM  
SOBRE A QUALIDADE E ESTABILIDADE OXIDATIVA DE HAMBÚRGUER DE  
FRANGO”**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado  
como exigência parcial para a obtenção do grau  
de Bacharel em Engenharia de Alimentos na  
Universidade Federal de São Carlos.

Orientação: Prof. Dr. Edison Tutomu Kato  
Junior

Buri

2022

Pereira Diniz, Julia

Efeito do extrato de pimenta rosa e do tipo de embalagem sobre a qualidade e estabilidade oxidativa de hambúrguer de frango / Julia Pereira Diniz -- 2022. 46f.

TCC (Graduação) - Universidade Federal de São Carlos, campus Lagoa do Sino, Buri

Orientador (a): Edison Tutomu Kato Júnior

Banca Examinadora: Maria Aliciane Fontenele

Domingues, Miriam Mabel Selani

Bibliografia

1. Antioxidantes naturais. 2. Pimenta rosa. 3. Oxidação lipídica. I. Pereira Diniz, Julia. II. Título.

Ficha catalográfica desenvolvida pela Secretaria Geral de Informática (SIn)

DADOS FORNECIDOS PELO AUTOR

Bibliotecário responsável: Lissandra Pinhatelli de Britto - CRB/8 7539


**JULIA PEREIRA DINIZ**

**EFEITO DO EXTRATO DE PIMENTA ROSA E DO TIPO DE EMBALAGEM SOBRE  
A QUALIDADE E ESTABILIDADE OXIDATIVA DE HAMBÚRGUER DE FRANGO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado  
como requisito parcial à obtenção do título de  
Bacharel em Engenharia de Alimentos pela  
Universidade Federal de São Carlos.


Aprovado em: 18/08/22.

**BANCA EXAMINADORA**

Documento assinado digitalmente  
 EDISON TUTOMU KATO JUNIOR  
Data: 05/09/2022 09:09:58-0300  
Verifique em <https://verificador.iti.br>

---

Prof. Dr. Edison Tutomu Kato Junior (Orientador) Universidade Federal de São Carlos  
(UFSCar)

Documento assinado digitalmente  
 MIRIAM MABEL SELANI  
Data: 18/08/2022 17:24:19-0300  
Verifique em <https://verificador.iti.br>

---

Prof(a). Dr(a). Miriam Mabel Selani  
Universidade Federal de São Carlos (UFSCar)

  
Prof(a). Dr.(a) Maria Aliciane Fontenele Domingues Universidade Federal de São Carlos  
(UFSCar)

## **DEDICATÓRIA**

Dedico este trabalho e toda a minha trajetória aos meus maiores apoiadores e incentivadores em minha vida, meus pais e a minha irmã (Roberto, Rosangela e Joice).

## AGRADECIMENTO

Agradeço primeiramente, a Deus.

Aos meus pais, irmã e avós Nair, Marcílio (*em memória*), Horádia (*em memória*) e Lázaro (*em memória*), Tia Meire e Tio Wilson por todo o suporte e por serem luz em meu caminho.

Agradeço aos amigos que encontrei na Universidade e foram essenciais durante essa caminhada, Geovana, Larissa, Matheus, Sabrina, Vitória, Helen, Dábila, Lucas, Juliana, Heloísa, Nathalia, Mayara e Carol. E a minha amiga Andressa, parceira de muitos anos.

A Giovanna e a toda equipe da ESALQ que participou da construção deste trabalho e a Prof.<sup>a</sup> Miriam, que aceitou me orientar em meu primeiro projeto de Iniciação.

A todo corpo docente da Lagoa do Sino, o qual pude conhecer, em especial ao Prof. Edison que me acompanha desde o início da graduação e finaliza esse ciclo me orientando no trabalho de conclusão.

Enfim, agradeço a todas as pessoas que estiveram presentes em minha vida ao longo desses anos de graduação.

## RESUMO

DINIZ, Julia Pereira. **Efeito do extrato de pimenta rosa e do tipo de embalagem sobre a qualidade e estabilidade oxidativa de hambúrguer de frango**. 2022. Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade Federal de São Carlos, *campus* Lagoa do Sino, Buri, 2022.

Há anos a pimenta rosa tem sido utilizada na medicina popular como analgésico e anti-inflamatório, o que tem suscitado o interesse da comunidade científica quanto às suas atividades biológicas, como a antioxidante. A busca por compostos naturais como alternativas ao uso de antioxidantes sintéticos vem crescendo na indústria de carnes. Dentre os produtos cárneos, os produtos processados de frango, tem grande necessidade de uso destes aditivos, pois apresentam alta susceptibilidade ao desenvolvimento da oxidação lipídica. Este estudo teve como objetivo avaliar o efeito do extrato de pimenta rosa e do tipo de embalagem (aeróbia e vácuo) sobre as características físico-químicas e a estabilidade oxidativa de hambúrgueres de frango. Extratos etanólicos de pimenta rosa foram obtidos e analisados quanto ao teor de compostos fenólicos totais e atividade antioxidante (DPPH e ABTS). Posteriormente os extratos na concentração de 90 mg de ácido gálico equivalente/kg de carne foram aplicados em hambúrguer de frango e avaliado como antioxidante natural em comparação a uma formulação contendo antioxidante sintético (BHT), e uma formulação controle (sem antioxidantes). Todas as amostras foram armazenadas em ambiente aeróbio e sob vácuo durante sete dias a 4 °C e avaliadas quanto a estabilidade oxidativa, cor e pH. O extrato de pimenta rosa apresentou considerável teor de compostos fenólicos e atividade antioxidante. O hambúrguer com extrato de pimenta rosa foi mais efetivo que o com BHT para retardar a oxidação lipídica de amostras acondicionadas em ambiente aeróbia e foi tão eficiente quanto este antioxidante sintético em amostras embaladas a vácuo. Em relação às amostras embaladas em ambiente aeróbio, a pimenta rosa se demonstrou tão eficiente quanto o BHT após 7 dias de armazenamento. Observou-se leve redução de pH das amostras embaladas em ambiente aeróbio e escurecimento das amostras com adição de extrato de pimenta rosa, provavelmente devido ao pH levemente ácido e à coloração do extrato natural. A aplicação do extrato de pimenta rosa como antioxidante natural se mostra eficiente para retardar a oxidação lipídica, mostrando que pode ser utilizado como um promissor antioxidante natural na indústria.

Palavras-chave: Antioxidantes naturais. *Schinus terebinthifolius*. Embalagem a vácuo. Oxidação lipídica. Compostos fenólicos.

## ABSTRACT

For years, pink pepper has been used in folk medicine as an analgesic and anti-inflammatory, which has aroused the interest of the scientific community regarding its biological activities, such as antioxidant. The search for natural compounds as alternatives to the use of synthetic antioxidants has been growing in the meat industry. Among meat products, processed chicken products have a great need to use these additives, as they have a high susceptibility to the development of lipid oxidation. This study aimed to evaluate the effect of pink pepper extract and the type of packaging (aerobic and vacuum) on the physicochemical characteristics and oxidative stability of chicken burgers. Pink pepper ethanol extracts were obtained and analyzed for total phenolic compounds and antioxidant activity (DPPH and ABTS). Subsequently, the extracts at a concentration of 90 mg of gallic acid equivalent/kg of meat were applied to chicken hamburgers and evaluated as a natural antioxidant compared to a formulation containing synthetic antioxidant (BHT), and a control formulation (without antioxidants). All samples were stored in an aerobic environment and under vacuum for seven days at 4 °C and evaluated for oxidative stability, color and pH. The pink pepper extract showed considerable content of phenolic compounds and antioxidant activity. The hamburger with pink pepper extract was more effective than the one with BHT to delay the lipid oxidation of samples conditioned in an aerobic environment and was as efficient as this synthetic antioxidant in samples packed under vacuum. Regarding the samples packaged in an aerobic environment, pink pepper proved to be as efficient as BHT after 7 days of storage. There was a slight reduction in pH of the samples packed in an aerobic environment and darkening of the samples with the addition of pink pepper extract, probably due to the slightly acidic pH and the coloring of the natural extract. The application of pink pepper extract as a natural antioxidant is efficient to delay lipid oxidation, showing that it can be used as a promising natural antioxidant in the industry.

Keywords: Natural antioxidants. *Schinus terebinthifolius*. Vacuum packaging. Lipid oxidation. Phenolic compounds.



## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1-</b> Estrutura dos antioxidantes sintéticos BHA, BHT e TBHQ.....	21
<b>Figura 2-</b> Procedimento de extração dos compostos fenólicos - Pesagem (A), banho-maria (B), banho de ultrassom (C), centrifugação da mistura e resultado (D e E) e filtração (F).....	24
<b>Figura 3</b> - Procedimento de extração dos compostos fenólicos – Rotaevaporação.....	24
<b>Figura 4</b> - Quantificação do teor de compostos fenólicos totais .....	25
<b>Figura 5</b> - Preparo das amostras de hambúrguer de frango – Moagem da carne (A) e preparo das amostras (B) .....	27
<b>Figura 6</b> – Ensaio de oxidação lipídica (TBARS).....	28
<b>Figura 7-</b> Efeito dos extratos de pimenta rosa sobre os valores de TBARS de hambúrguer de frango acondicionado em embalagem aeróbia - PVC (A) e a vácuo (B) durante armazenamento refrigerado de 7 dias .....	33
<b>Figura 8</b> - Efeito dos extratos de pimenta rosa sobre o pH de hambúrguer de frango acondicionado em embalagem aeróbia - PVC (A) e a vácuo (B) durante armazenamento refrigerado de 7 dias .....	36
<b>Figura 9</b> - Efeito dos extratos de pimenta rosa sobre o valor de L* de hambúrguer de frango acondicionado em embalagem aeróbia - PVC (A) e a vácuo (B) durante armazenamento refrigerado de 7 dias .....	37
<b>Figura 10</b> - Efeito dos extratos de pimenta rosa sobre o valor de a* de hambúrguer de frango acondicionado em embalagem aeróbia – PVC (A) e a vácuo (B) durante armazenamento refrigerado de 7 dias .....	40
<b>Figura 11</b> - Efeito dos extratos de pimenta rosa sobre o valor de b* de hambúrguer de frango acondicionado em embalagem aeróbia - PVC (A) e a vácuo (B) durante armazenamento refrigerado de 7 dias .....	41

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>13</b>
<b>2</b>	<b>FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....</b>	<b>15</b>
2.1	PIMENTA ROSA .....	15
2.2	HAMBÚRGUER DE FRANGO .....	16
2.3	OXIDAÇÃO LIPÍDICA EM CARNES .....	17
2.4	ANTIOXIDANTES.....	19
2.5	EMBALAGEM .....	21
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA .....</b>	<b>23</b>
3.1	COLETA E PREPARO DAS AMOSTRAS DE PIMENTA ROSA .....	23
3.2	EXTRAÇÃO DOS COMPOSTOS FENÓLICOS .....	23
3.3	ANÁLISE DO EXTRATO DE PIMENTA ROSA.....	25
<b>3.3.1</b>	<b>Teor de compostos fenólicos totais (CFT) do extrato.....</b>	<b>25</b>
<b>3.3.2</b>	<b>Atividade antioxidante.....</b>	<b>26</b>
3.4	APLICAÇÃO DOS EXTRATOS DE PIMENTA ROSA EM HAMBÚRGUER DE FRANGO .....	26
<b>3.4.1</b>	<b>Preparo das amostras de hambúrguer de frango.....</b>	<b>27</b>
<b>3.4.2</b>	<b>Análise das amostras de hambúrguer de frango .....</b>	<b>28</b>
3.4.2.1	Substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS).....	28
3.4.2.2	Cor instrumental .....	29
3.4.2.3	pH.....	29
3.5	DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E ANÁLISE ESTATÍSTICA .....	30
<b>4</b>	<b>DISCUSSÃO DOS RESULTADOS.....</b>	<b>31</b>
4.1	ANÁLISE DA PIMENTA ROSA .....	31
4.2	ANÁLISE DOS HAMBÚRGUERES DE FRANGO .....	32
<b>4.2.1</b>	<b>Oxidação Lipídica – TBARS .....</b>	<b>32</b>
<b>4.2.2</b>	<b>Valor de pH.....</b>	<b>34</b>
<b>4.2.3</b>	<b>Cor .....</b>	<b>36</b>
4.2.3.1	Valor de L* (luminosidade) .....	36
4.2.3.2	Valor de a* (intensidade de cor vermelha).....	38
4.2.3.3	Valor de b*(intensidade de cor amarela).....	40
<b>5</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>42</b>
<b>6</b>	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>43</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A pimenta rosa (*Schinus terebinthifolius* Raddi) é pertencente à família Anacardiaceae, nativa da América do Sul. Frutos, folhas e cascas da *S. terebinthifolius* já vem sendo usados há anos na medicina popular como anti-inflamatório, analgésico, depurativo, e para tratar problemas urinários e respiratórios (CAVALHER-MACHADO *et al.*, 2008). A partir deste potencial disseminado na medicina popular, esta espécie tem ganhado destaque devido ao número crescente de pesquisas, demonstrando uma série de atividades biológicas, tais como propriedades anti-inflamatórias (ROSAS *et al.*, 2015), antibacterianas (ENNIGROU *et al.*, 2017), antifúngicas (BRAGA *et al.*, 2007), cicatrizantes (LUCENA, 2006) e antioxidantes (BERGAMASCHI, 2016).

De acordo com o estudo de Bergamaschi (2016), a pimenta rosa se destaca quanto à atividade antioxidante de seus extratos, a qual é atribuída, principalmente, à presença de compostos fenólicos, como a catequina, ácido *p-cumárico*, miricetina e epicatequina. Antioxidantes são substâncias capazes de prevenir ou retardar danos oxidativos causados por radicais livres (GUTTERIDGE; HALLIWELL, 2010). No organismo, desempenham papel fundamental no combate ao estresse oxidativo, contribuindo para a prevenção de doenças cardiovasculares, inflamatórias, neurodegenerativas e câncer (MOURE *et al.*, 2001). Já na indústria de alimentos, são utilizados para fins tecnológicos, com o intuito de combater ou retardar a oxidação lipídica, processo deteriorativo que resulta em transformações sensoriais indesejáveis, degradação de vitaminas lipossolúveis e ácidos graxos essenciais, bem como na produção de compostos potencialmente tóxicos (ADAMS, 1999).

A carne de frango, devido ao perfil lipídico rico em ácidos graxos insaturados, apresenta maior susceptibilidade à ocorrência da oxidação lipídica. Além disso, no processamento das carnes, a moagem, incorporação de ar durante a homogeneização, contato com metais e aumento da temperatura aceleram ainda mais este processo por favorecerem a interação entre os ácidos graxos insaturados e substâncias pró-oxidantes (FIELD, 1988). Dessa forma, para prevenir ou retardar o processo oxidativo, as indústrias de alimentos realizam o acondicionamento dos produtos em embalagem a vácuo ou com atmosfera modificada, bem como adicionam antioxidantes sintéticos, sendo alguns dos utilizados o TBHQ (terc-butilhidroquinona), BHA (butilhidroxianisol) e BHT (butilhidroxitolueno) (NAVEENA *et al.*,

2008). No entanto, a atual preocupação quanto à segurança toxicológica desses antioxidantes, juntamente com a tendência global para obtenção de uma alimentação mais natural e saudável, tem levado a um aumento na pesquisa sobre produtos naturais para atuarem como conservantes alternativos em alimentos (GOVARIS *et al.*, 2010).

A embalagem também influencia na qualidade e vida útil dos alimentos, especialmente quando se trata da ocorrência da oxidação lipídica, sendo então outra estratégia utilizada para proteger carnes e produtos cárneos deste processo. Uma vez que o oxigênio é o agente oxidante mais comum, técnicas que limitam o contato dele com o substrato (lipídeo), como o uso da embalagem a vácuo, possibilitam aumento da estabilidade oxidativa do produto (ROJAS; BREWER, 2008).

Frente ao exposto, o presente trabalho teve como objetivo avaliar o efeito do extrato de pimenta rosa e do tipo de embalagem (aeróbia e vácuo) sobre as características físico-químicas e a estabilidade oxidativa de hambúrgueres de frango, durante 7 dias de armazenamento a 4 °C.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 2.1 PIMENTA ROSA

A pimenta rosa (*Schinus terebinthifolius* Raddi), também comumente conhecida por outros nomes, como aroeira-vermelha, aroeira da praia, aroeira de minas, aroeira negra, entre outros (CARVALHO *et al.*, 2013), é pertencente à família botânica Anacardiaceae, nativa da América do Sul, ocorrendo no Brasil do estado da Bahia até o estado do Rio Grande do Sul (CORRÊA, 1974).

Caracteriza-se por ser uma árvore com 5 a 10 metros de altura, de copa larga e tronco de casca grossa. Já seus frutos são globóides, de coloração vermelha após maduros, aromáticos, apresentando sabor adocicado e pungente (BERGAMASCHI, 2016; BIAZOTO, 2014).

Com forte consumo estimulado desde a década de 80 devido às descobertas relacionadas às atividades de seus compostos fenólicos, a pimenta rosa tem se tornado um sofisticado condimento muito utilizado na culinária atual (SERRANO-LEÓN, 2015). Estudos realizados ao longo dos anos apontam para as diversas propriedades benéficas desta planta.

No âmbito medicinal, segundo Andrade (2015), tem sido atribuído à pimenta rosa propriedades cicatrizantes, antimicrobianas, antitumorais e antioxidantes, sendo a mesma utilizada também como anti-inflamatório na medicina popular brasileira. Ainda de acordo com Barbosa *et al.* (2007), a planta é utilizada no tratamento de problemas respiratórios.

Estes relatos têm influenciado diretamente no crescente número de pesquisas realizadas com plantas da família Anacardiaceae, tornando-a promissora na busca por substâncias bioativas com propriedades biológicas. Dentre elas, a atividade antioxidante se destaca (VELÁZQUEZ *et al.*, 2003), a qual tem sido relacionada ao conteúdo de compostos fenólicos presentes no fruto e nas folhas (BIAZOTO, 2014).

Em estudo sobre os compostos fenólicos presentes no fruto da *Schinus terebinthifolius*, quatro antocianinas, três bioflavonóides, ácido gálico e dois tipos de taninos hidrolisáveis foram tentativamente identificados (FEUEREISEN *et al.*, 2014). Já no estudo de Bergamaschi (2016), catequina, ácido *p*-cumárico, mirecetina e epicatequina foram identificados no extrato obtido do resíduo de pimenta rosa (frutos rejeitados para exportação, galhos e folhas), que apresentou

maior teor de fenólicos totais e atividade antioxidante que a pimenta do reino para os métodos ORAC, DPPH e ABTS, bem como maior capacidade de desativação de espécies reativas de oxigênio (radicais peroxila, ânion superóxido, e ácido hipocloroso). Biazoto (2014) em seu estudo sobre a atividade antioxidante de diferentes pimentas (rosa, verde, preta e branca) verificou maior teor de compostos fenólicos totais e atividade antioxidante pelos métodos DPPH, ABTS e FRAP para os extratos de pimenta rosa.

Haja vista esta importante propriedade demonstrada pela pimenta rosa, ela apresenta potencial para ser estudada como antioxidante natural em alimentos. No entanto, os estudos com esse objetivo são muito limitados, representando, assim, um nicho importante a ser explorado. A aplicação de extrato de pimenta rosa em filmes ativos de quitosana, juntamente com o uso de atmosfera modificada, mostrou-se eficiente no retardo da oxidação lipídica de filés de salmão após 28 dias de armazenamento refrigerado (MERLO, 2017). Serrano-León (2015) reportou propriedades antioxidantes e antimicrobianas deste fruto, as quais foram observadas através da manutenção da estabilidade oxidativa e da inibição do crescimento microbiano de produto reestruturado de frango, acondicionado em embalagem ativa de quitosana com extratos de resíduo de pimenta rosa. Os óleos essenciais de frutos verdes e maduros da *Schinus terebinthifolius* R. demonstraram atividade antimicrobiana *in vitro* (contra 15 bactérias gram-positivas e gram-negativas) e *in situ* (em queijo minas frescal) contra *Listeria monocytogenes*, além de potencial antioxidante verificado através da redução da concentração dos produtos primários (peróxidos) e secundários (malonaldeídos) da oxidação lipídica dos queijos (DANNENBERG *et al.*, 2016).

## 2.2 HAMBÚRGUER DE FRANGO

Devido à demanda atual, a transformação da carne em produtos industrializados é de grande importância tanto para a praticidade como para a diversificação do cardápio. Nos últimos anos, especial atenção tem sido dada a alimentos que gastam menos tempo em sua preparação. Entre estes alimentos, os derivados de carne são bastante populares, tais como os

hambúrgueres, que respondem por cerca de 40% deste mercado (NASCIMENTO; OLIVEIRA; NASCIMENTO, 2005).

De acordo com o regulamento técnico de identidade e qualidade de hambúrguer, este produto é definido como “produto cárneo industrializado obtido da carne moída dos animais de açougue, adicionado ou não de tecido adiposo e ingredientes, moldado e submetido a processo tecnológico adequado”, podendo ser classificado como um produto cru, semi frito, cozido, frito, congelado ou resfriado (BRASIL, 2000).

Ainda segundo este regulamento técnico, os hambúrgueres devem se enquadrar a uma série de requisitos. Quanto à composição, o único ingrediente obrigatório é a carne de diferentes espécies de animais de açougue, podendo apresentar ingredientes opcionais, tais como a gordura animal e vegetal, água, sal, proteínas de origem animal e/ou vegetal, entre outros. Em relação às características físico-químicas, o produto deve apresentar no máximo 23% de gordura, pelo menos 15% de proteína e até 3% de carboidratos totais (BRASIL, 2000).

Produtos processados de frango, como os hambúrgueres, apresentam menor estabilidade oxidativa, pois esta fonte de proteína animal apresenta alta quantidade de ácidos graxos insaturados, a qual, juntamente com as etapas de moagem, homogeneização, aumento da temperatura e contato com metais ocorridos durante processamento, resulta em maior propensão ao desenvolvimento da oxidação lipídica – processo deteriorativo que afeta as características sensoriais do produto (FIELD, 1988).

### 2.3 OXIDAÇÃO LIPÍDICA EM CARNES

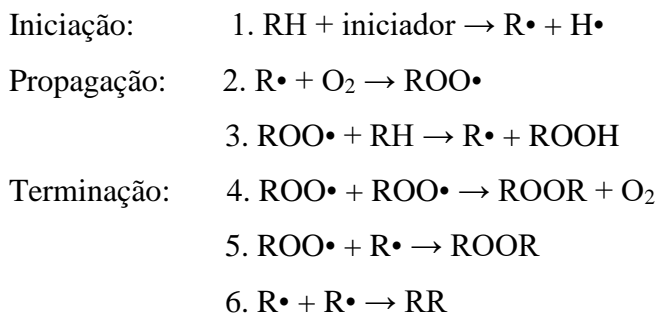
A presença de lipídios em alimentos é essencial por ser fonte de energia metabólica e por conferir valor nutritivo, fornecendo ácidos graxos essenciais e atuando na absorção das vitaminas lipossolúveis. Concomitante a isso, os lipídeos desempenham importante papel quanto à qualidade sensorial, influenciando principalmente a suculência, textura e sabor dos alimentos (SILVA; BORGES; FERREIRA, 1999).

Entretanto, características indesejáveis ocasionadas por um processo deteriorativo dos lipídeos estão sujeitas a ocorrer durante o processamento, distribuição, armazenamento e

preparo final dos alimentos (SOARES, 2002). Este problema é o principal responsável pela produção de *off-flavors*, os quais conferem odor de ranço aos produtos. Além disso, promove a perda da qualidade sensorial dos alimentos, observada através de alterações na cor, sabor e odor (SHAHIDI; JANITHA; WANANSUDARA, 1992), favorece a degradação de ácidos graxos essenciais e vitaminas lipossolúveis, além de afetar a segurança do produto, devido à geração de compostos potencialmente tóxicos (SILVA; BORGES; FERREIRA, 1999).

Esta degradação dos lipídeos denomina-se oxidação lipídica, e pode ocorrer em alimentos por processos enzimáticos (devido à ação da lipoxigenase), e não enzimáticos, como a foto-oxidação, termo oxidação e auto-oxidação, sendo a última a que mais afeta a estabilidade oxidativa dos alimentos (REGITANO-D'ARCE, 2006). Além disso, alguns fatores influenciam o desenvolvimento da oxidação lipídica em alimentos, tais como a quantidade de insaturações da molécula dos ácidos graxos, a disponibilidade de oxigênio, o contato com metais, bem como a presença de enzimas e ativadores (como luz e aporte energético) (HAMILTON, 1994).

O processo de auto-oxidação consiste na oxidação dos ácidos graxos através de uma reação em cadeia dos radicais livres formados. Este processo apresenta três fases principais, sendo elas a iniciação, a propagação e a terminação, conforme reportado por Sevanian e Hochstein (1985).



Onde: RH: Ácido graxo insaturado; R: Radical Livre; ROO•: Radical peroxil; ROOH: Hidroperóxido.

A primeira etapa do processo, ou iniciação, começa com a ação de espécies reativas, que abstraem um hidrogênio do grupo metileno adjacente à dupla ligação de ácidos graxos, originando um radical lipídico instável. Nos alimentos, os iniciadores da oxidação, ou seja, os fatores que promovem a formação de espécies reativas são: tratamento térmico; absorção de energia de irradiação; reação com íons metálicos, como o ferro e cobre presentes em alguns equipamentos industriais; e reação com outros radicais livres (DAVIDÉK; VELISEK; POKORNY, 1990).



Uma vez que os radicais lipídicos foram formados na etapa de iniciação, o processo segue para a etapa de propagação, onde estes compostos reagem rapidamente com o oxigênio presente na atmosfera ou dissolvido no alimento para formar um radical peróxil. O radical peróxil poderá reagir com um ácido graxo adjacente, retirando novamente um átomo de hidrogênio da molécula, o que resultará na formação de um hidroperóxido e de um novo radical lipídico. Este último atuará, então, propagando uma reação em cadeia (JAIRAM; UCHIDA; NARAYANASWAMI, 2012).

Segundo Ferrari (1998) a terminação do processo se dá com o esgotamento dos substratos e o cessar das reações de propagação, dando início à formação dos produtos finais, de caráter estável. Assim, os hidroperóxidos formados são relativamente estáveis e inodoros, mas se decompõem rapidamente na presença de íons metálicos, resultando na formação de uma mistura complexa de produtos de decomposição, incluindo aldeídos, cetonas, álcoois e hidrocarbonetos, os quais tem forte impacto sobre o aroma, sendo então responsáveis pelas alterações sensoriais indesejáveis em óleos, gorduras e produtos gordurosos.

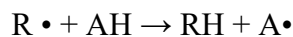
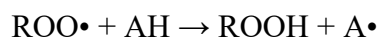
## 2.4 ANTIOXIDANTES

Os antioxidantes são definidos como compostos que, em uma concentração expressivamente menor que a do substrato oxidável (0,001% a 0,01%), retardam ou previnem a oxidação da respectiva substância (RAMALHO; JORGE, 2006; HALLIWELL; GUTTERIDGE, 1989). A sua ação consiste na preservação das características essenciais dos alimentos, como cor, sabor e aroma, impedindo a destruição de nutrientes e, conseqüentemente, o decréscimo na qualidade nutricional e sensorial do produto (BERTOLDI, 2006). Idealmente estes compostos devem apresentar alguns pré-requisitos para sua seleção a nível industrial, sendo os principais a eficácia, a estabilidade nas condições do processamento, o baixo custo bem como a ausência de toxicidade e de efeitos indesejáveis nas características sensoriais do produto (REISCHE; LILLARD; EITENMILLER, 2008).

Em relação aos mecanismos de ação destes compostos, os antioxidantes podem atuar de formas diferentes na sequência de etapas da oxidação, sendo classificados como antioxidantes

primários ou secundários. Os antioxidantes primários promovem a inibição ou remoção da formação de radicais livres através da doação de átomos de hidrogênio à molécula dos ácidos graxos (REISCHE; LILLARD; EITENMILLER, 2008). Segundo Halliwell (1990), a ação do antioxidante inicia-se no momento em que o átomo de hidrogênio do antioxidante reage com os radicais livres ROO• e R•, cedendo um elétron, oxidando-se e se transformando num radical inerte A•, sem haver efeitos tóxicos. Este radical, estabilizado por ressonância, não tem a capacidade de iniciar ou propagar as reações oxidativas (RAMALHO; JORGE, 2006).

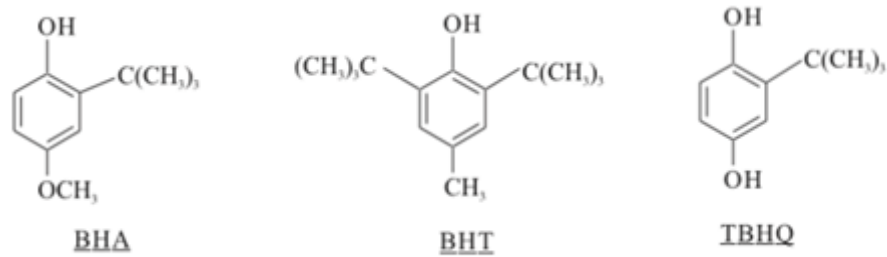
O modelo do mecanismo de ação apresentado por Frankel (1980) ilustra esta etapa.



Onde: ROO• e R• – radicais livres; AH – antioxidante com um átomo de hidrogênio ativo; A• – radical inerte.

Existem também os antioxidantes secundários, que não apresentam a propriedade de converter radicais livres em produtos estáveis, mas que atuam através de diferentes formas. Eles são capazes de regenerar os antioxidantes primários através da doação de hidrogênio à molécula, quelar metais pró-oxidantes, desativar o oxigênio singlete, sequestrar o oxigênio, absorver a radiação ultravioleta, além de atuarem como sinergistas, ou seja, quando em combinação com antioxidantes primários, aumentam sua atividade (RAMALHO; JORGE, 2006).

Dentre os aditivos antioxidantes empregados pela indústria, o butilhidroxianisol (BHA), butilhidroxitolueno (BHT), tercbutil-hidroxiquinona (TBHQ) (Figura 1) são muito conhecidos e utilizados (SOARES, 2002). Entretanto, indícios de possíveis efeitos à saúde causados pelo uso destas substâncias têm resultado em sua rejeição perante aos consumidores. Proporcional a esta problemática, está, a necessidade de identificar novos antioxidantes naturais, especialmente os obtidos de plantas, que atendam a estas demandas e garantam a segurança ao consumidor (WANASUNDARA; SHAHIDI, 1998).

**Figura 1-** Estrutura dos antioxidantes sintéticos BHA, BHT e TBHQ

Fonte: (RAMALHO; JORGE, 2006).

Assim, esforços têm sido feitos para avaliar diferentes matérias-primas vegetais que tenham considerável potencial antioxidante e possam ser exploradas para este fim. Já existem resultados de aplicação de extratos naturais de diferentes fontes (especiarias, ervas, frutas, folhas, sementes, nozes, peptídeos, entre outros) em diferentes produtos cárneos (JIANG; XIONG, 2006), apresentando resultados positivos, muitas vezes comparáveis aos observados pelo antioxidante sintético.

## 2.5 EMBALAGEM

A embalagem é extremamente importante para os alimentos, tendo como funções principais protegê-los do ambiente externo e preservar sua qualidade. Dependendo das propriedades da embalagem utilizada, ela pode prevenir a desidratação do produto, evitando modificações na textura, aroma e aparência, bem como alterar a composição atmosférica que circunda o alimento, afetando a cor, a estabilidade oxidativa e a deterioração microbiológica (SARANTÓPOULOS, 1991).

Considerando-se que o oxigênio é o agente oxidante mais comum, sua eliminação das embalagens é condição essencial para minimizar o desenvolvimento da rancidez (ROJAS; BREWER, 2008). Assim, o acondicionamento a vácuo ou com atmosfera modificada, utilizando embalagens que apresentem barreira ao oxigênio, são ideais para retardar a oxidação de carnes e produtos cárneos.

Dentre as alternativas disponíveis para retardar o processo oxidativo em alimentos, o uso de antioxidantes e embalagens protetoras são os mais eficientes e utilizados. A partir disso, uso combinado destes dois métodos mostra-se como uma estratégia importante para tentar manter ao máximo a qualidade e estabilidade oxidativa do alimento durante toda a sua vida útil.

### 3 METODOLOGIA

#### 3.1 COLETA E PREPARO DAS AMOSTRAS DE PIMENTA ROSA

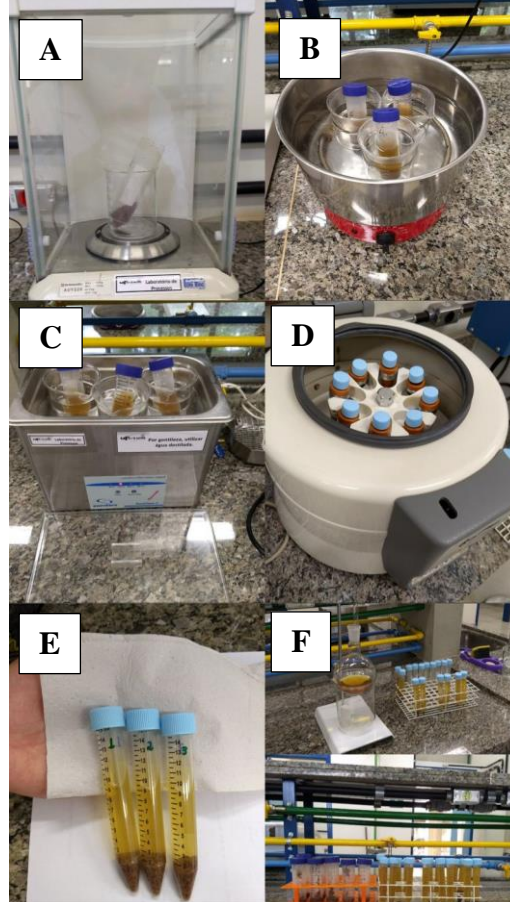
A pimenta rosa (*Schinus terebinthifolius* Raddi) foi obtida no comércio local. Posteriormente procedeu-se a moagem das amostras, utilizando um moinho de facas, peneiragem, com peneira de 40 mesh (420 µm) e armazenamento a -18 °C até o momento das análises.

#### 3.2 EXTRAÇÃO DOS COMPOSTOS FENÓLICOS

Realizou-se a extração dos compostos fenólicos da pimenta rosa de acordo com o procedimento descrito por Bergamaschi (2016), que em experimento prévio, otimizou os parâmetros de tempo e temperatura de extração de fenólicos desta matéria-prima.

Dessa forma, realizou-se a extração utilizando-se 1 g de amostra seca e moída (Figura 2A) e 10 mL de solvente (etanol:água, 80:20, v/v). Agitou-se a mistura, que foi mantida por 20 minutos em banho-maria a 90 °C (Figura 2B) e, posteriormente, por mais 15 min em banho de ultrassom a temperatura ambiente (Figura 2C). Em seguida, centrifugou-se a mistura por 15 min (5000xg) (Figura 2D e E), filtrou-se em papel de filtro qualitativo (Figura 2F), e coletou-se o sobrenadante para a realização da análise de compostos fenólicos totais e atividade antioxidante.

**Figura 2-** Procedimento de extração dos compostos fenólicos - Pesagem (A), banho-maria (B), banho de ultrassom (C), centrifugação da mistura e resultado (D e E) e filtração (F)



Fonte: (Autoria própria).

Para a aplicação no produto cárneo, os extratos etanólicos foram concentrados em rotaevaporador (sob vácuo e a 50 °C) (Figura 3), até a remoção do solvente e dissolvidos em água até o volume de 50 mL.

**Figura 3 -** Procedimento de extração dos compostos fenólicos – Rotaevaporação.



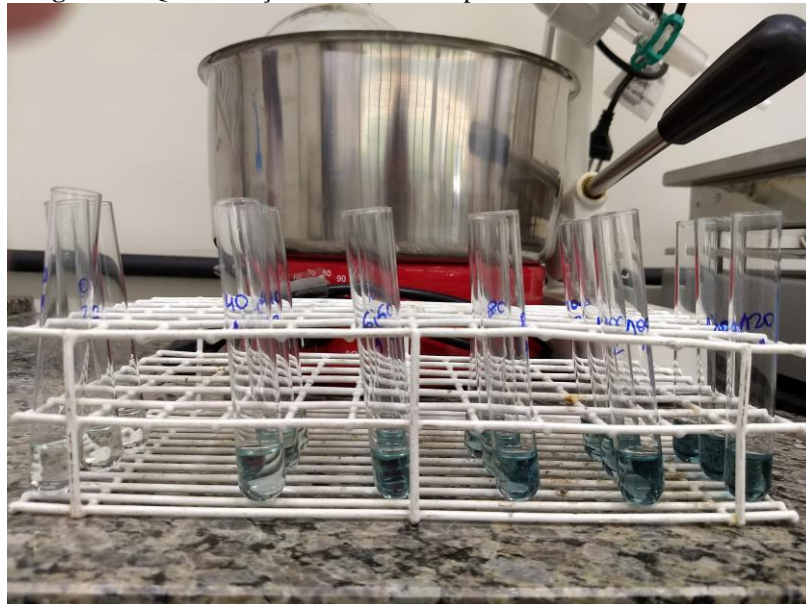
Fonte: (Autoria própria).

### 3.3 ANÁLISE DO EXTRATO DE PIMENTA ROSA

#### 3.3.1 Teor de compostos fenólicos totais (CFT) do extrato

O teor de compostos fenólicos totais foi determinado de acordo com o método de Singleton, Orthofer e Lamuela-Raventós (1999), utilizando-se o reagente de Folin-Ciocalteu. Inicialmente 0,5 mL do extrato foi adicionado a 2,5 mL do reagente de Folin-Ciocalteu em tubos de ensaio e, após 3 minutos, 2 mL de  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  (4% m/v) foram adicionados. Após isto, os tubos foram deixados em repouso por 2 horas a temperatura ambiente e protegidos da luz. Mediu-se a absorbância da solução a 740 nm. Ácido gálico foi utilizado como padrão e os resultados foram expressos em mg de ácido gálico equivalente AGE/g de extrato. Realizou-se a quantificação do teor de compostos fenólicos para caracterizar o extrato etanólico e para determinar o volume de extrato a ser adicionado na carne (Figura 4).

**Figura 4** - Quantificação do teor de compostos fenólicos totais



Fonte: (Autoria própria).

### 3.3.2 Atividade antioxidante

A atividade antioxidante do extrato de pimenta rosa pelo método DPPH foi determinada através do método descrito por Al-Duais *et al.* (2009). A mistura de reação constituiu-se de 66  $\mu\text{L}$  de extrato ou padrão e 134  $\mu\text{L}$  do radical DPPH (150 mM em etanol PA), a qual foi incubada por 45 minutos ao abrigo da luz. Mediu-se a absorbância da solução final a 517 nm em uma leitora de microplacas e a atividade antioxidante foi reportada como  $\mu\text{mol}$  de Trolox/g amostra, baseada em uma curva de calibração utilizando Trolox como padrão.

Já a atividade antioxidante pelo método ABTS foi determinada conforme o descrito por Al-Duais *et al.* (2009). Extrato ou padrão (20  $\mu\text{L}$ ) foram adicionados de 220  $\mu\text{L}$  da solução de ABTS (preparada previamente com 5 mL de solução aquosa de ABTS 7 mM e 88  $\mu\text{L}$  de solução aquosa de persulfato de potássio 140 mM, seguida de descanso de 16 horas e posterior diluição com tampão fosfato de potássio 75 mM, pH 7,4 até chegar à absorbância de  $0,7 \pm 0,01$ ). Após 6 minutos de reação, mediu-se a absorbância da solução final a 730 nm, em uma leitora de microplacas, e a atividade antioxidante foi reportada como  $\mu\text{mol}$  de Trolox/g amostra, baseada em uma curva de calibração utilizando Trolox como padrão.

### 3.4 APLICAÇÃO DOS EXTRATOS DE PIMENTA ROSA EM HAMBÚRGUER DE FRANGO

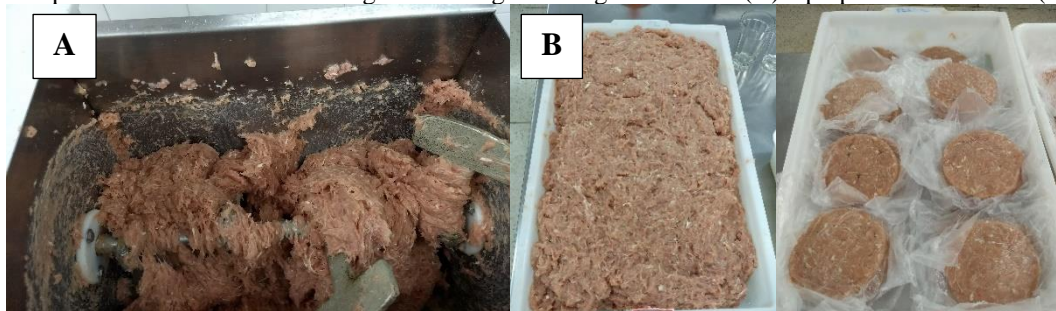
A concentração de extrato de pimenta rosa utilizada neste trabalho baseou-se no estudo prévio de Serrano-León (2015), que otimizou a quantidade de extrato a ser adicionado em produto reestruturado de frango, chegando a um volume de extrato correspondente à concentração de 90 mg AGE/kg de carne.



### 3.4.1 Preparo das amostras de hambúrguer de frango

Coxa e sobrecoxa de frango (utilizadas na proporção de 50% cada) foram obtidos do comércio local. Na planta de processamento, a matéria-prima foi desossada e o excesso de gordura e tecido conectivo foram removidos. Após estes procedimentos, moeu-se duas vezes a carne em moedor de carnes (disco de 0,8 cm) (Figura 5A) a qual foi dividida em três partes, para então receber diferentes formulações (Figura 5B): CT: sem adição de antioxidante; BHT: adição de butilhidroxitolueno na concentração de 90 mg/kg carne, dissolvido em 5 mL de óleo de soja (sem antioxidante sintético em sua formulação); PP: adição de extrato aquoso de pimenta rosa (90 mg AGE/kg de carne).

**Figura 5** - Preparo das amostras de hambúrguer de frango – Moagem da carne (A) e preparo das amostras (B)



Fonte: (Autoria própria).

Adicionaram-se os mesmos volumes de água (em substituição ao extrato de pimenta rosa) e de óleo de soja às demais padronizações, originando a amostra referência. Cloreto de sódio (1%) foi utilizado em todas as formulações, juntamente com glutamato monossódico (0,2%), cebola em pó (2%) e alho em pó (0,2%). Após isso, homogeneizou-se cada formulação em misturador de carnes por aproximadamente 5 minutos e então, porções de 100 g foram moldadas manualmente utilizando moldes para hambúrguer (10 cm de diâmetro e 1 cm espessura). Metade dos hambúrgueres obtidos em cada uma das três formulações foi embalada em bandeja de poliestireno envolvida por filme de policloreto de vinila (PVC), caracterizando ambiente aeróbio, e a outra metade foi acondicionada em embalagens (Cryovac BB2620, taxa de permeabilidade ao oxigênio: 25 cm<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> 24 h a 23 °C/0% de umidade relativa (RH) e taxa de permeabilidade ao vapor de água: 9g H<sub>2</sub>O/m<sup>2</sup> 24 h a 38 °C/90% RH), gerando um ambiente a vácuo. Considerando os 3 tratamentos e os 2 tipos de embalagem, 6 tratamentos foram

realizados (Tabela 1). As amostras foram armazenadas a 4 °C e avaliadas após 1, 3, 5 e 7 dias de armazenamento.

**Tabela 1** - Descrição dos tratamentos

<b>Tratamentos</b>	<b>Descrição</b>
<b>CT</b>	Controle, sem adição de antioxidante, acondicionado em ambiente aeróbio e a vácuo.
<b>BHT</b>	Tratamento com 90 mg butilhidroxitolueno/kg carne, acondicionado em ambiente aeróbio e a vácuo.
<b>PR</b>	Tratamento com adição de volume de extrato de pimenta rosa equivalente a 90 mg ácido gálico equivalente/kg carne, acondicionado em ambiente aeróbio e a vácuo.

Fonte: Autoria própria.

### 3.4.2 Análise das amostras de hambúrguer de frango

#### 3.4.2.1 Substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS)

O valor de TBARS foi determinado utilizando o método descrito por Vyncke (1970, 1975) e Sorensen e Jorgensen (1996), com modificações. Para a extração, homogeneizou-se em ultra-turrax, a 10.000 rpm por 30s, 5 g de carne, com 15 ml de uma solução aquosa de ácido tricloroacético (7,5% de ácido tricloroacético, 0,1% de propil galato e 0,1% de ácido etilenodiamino tetra-acético – EDTA). Filtrou-se a mistura (papel de filtro qualitativo) e adicionou 5 mL do filtrado a 5 mL de uma solução aquosa de ácido tiobarbitúrico (TBA) (0,02 M) em tubos de ensaio com tampa (Figura 6). Encubou-se as amostras em banho-maria com água fervente por 40 minutos, as quais foram então resfriadas. Mediu-se a absorbância do sobrenadante com espectrofotômetro, em comprimento de onda de 532 nm. Calculou-se os valores de TBARS a partir de uma curva padrão de malonaldeído com 1,1,3,3 tetraetoxipropano expressas como mg malonaldeído (MDA)/kg amostra. As análises foram realizadas após 1, 3, 5 e 7 dias de armazenamento a 4 °C.

**Figura 6** – Ensaio de oxidação lipídica (TBARS).



Fonte: (Autoria própria).

#### 3.4.2.2 Cor instrumental

Determinou-se a cor instrumental utilizando o colorímetro Minolta, calibrado em porcelana branca padrão ( $Y=93.7$ ,  $x=0.3160$  e  $y=0.3323$ ), com fonte iluminante C, área de medição de 8 mm de diâmetro, ângulo de observação de  $10^\circ$ . As coordenadas de cor determinadas foram: luminosidade ( $L^*$ ), intensidade de coloração vermelha ( $a^*$ , vermelho  $\pm$  verde) e amarela ( $b^*$ , amarelo  $\pm$  azul). Realizou-se a análise em 3 amostras de cada tratamento, com leituras em triplicata, após 1, 3, 5 e 7 dias de armazenamento a  $4^\circ\text{C}$ .

#### 3.4.2.3 pH

Determinou-se o pH diretamente nas amostras, utilizando-se um potenciômetro com compensação automática de temperatura e eletrodo de penetração de corpo de vidro. Realizou-

se a análise em 3 amostras de cada tratamento, com leituras em triplicata em cada amostra, após 1, 3, 5 e 7 dias de armazenamento a 4 °C.

### 3.5 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E ANÁLISE ESTATÍSTICA

Utilizou-se o delineamento inteiramente casualizado, com esquema fatorial 3 x 2 x 4, com fatores tratamento (controle, BHT, pimenta rosa), embalagem (aeróbia e vácuo) e tempo de armazenamento (1, 3, 5 e 7 dias). Submeteram-se os resultados à análise de variância (ANOVA) e a comparação de médias foi realizada pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).

## 4 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

### 4.1 ANÁLISE DA PIMENTA ROSA

O teor de compostos fenólicos encontrado no extrato etanólico de pimenta rosa foi de 12,17 mg AGE/g (Tabela 2). Ao comparar este resultado com o de outros estudos com pimenta rosa, observa-se que o mesmo se apresenta abaixo dos encontrados por Merlo (2017), Bergamaschi (2016), Serrano-León (2015) e Biazoto (2014), que foram de 29,20 mg AGE/g, 38,42 mg AGE/g, 45,01 mg AGE/g e 49,51 mg AGE/g, respectivamente, e acima do reportado por Bertoldi (2006) (10,77 mg AGE/g). Ao comparar os resultados deste estudo com dados de outras pimentas, a pimenta rosa se destaca em relação à pimenta verde (aproximadamente 1,8 mg AGE/g amostra) (VEGA-GÁLVEZ *et al.*, 2009) e à pimenta preta (2,27 mg AGE/g amostra) (VADIVEL, 2018).

**Tabela 2** – Média  $\pm$  desvio padrão do teor de compostos fenólicos e atividade antioxidante (DPPH e ABTS) da pimenta rosa (base úmida)

Amostra	Teor de compostos fenólicos (mg AGE/g*)	DPPH ( $\mu$ mol Trolox/g)	ABTS ( $\mu$ mol Trolox/g)
Pimenta rosa	12,17 $\pm$ 0,92	297,44 $\pm$ 10,59	572,38 $\pm$ 4,80

\*AGE: Ácido gálico equivalente

Fonte: (Autoria própria).

Quanto à avaliação da atividade antioxidante pelo método do radical DPPH (Tabela 2), o resultado se apresenta abaixo dos encontrados por Bergamaschi (2016) e Biazoto (2014), os quais foram de 535,74 e 696,73  $\mu$ mol Trolox/g, respectivamente. A mesma tendência foi observada para os resultados do método ABTS quando comparados aos valores apresentados por Bergamaschi (2006) (1382  $\mu$ mol Trolox/g) e Biazoto (2014) (663,74  $\mu$ mol Trolox/g). As variações podem ser decorrentes do tempo de armazenamento de cada amostra, como justifica Merlo (2017), indicando que um maior tempo promove perda da capacidade antioxidante. Além

disso, variações nos teores de compostos fenólicos e, conseqüentemente, na atividade antioxidante, podem ser decorrentes de diferenças na produção, como grau de maturação, práticas culturais, estágio de crescimento e condições de colheita dos frutos (Kim *et al.*, 2003) e diferenças metodológicas, como método de análise e solvente utilizado na extração dos fenólicos.

## 4.2 ANÁLISE DOS HAMBÚRGUERES DE FRANGO

### 4.2.1 Oxidação Lipídica – TBARS

No ensaio de oxidação lipídica, as amostras acondicionadas em embalagem aeróbia (PVC) tiveram efeito significativo ( $p < 0,05$ ) de tratamento, tempo e interação entre tratamento e tempo.

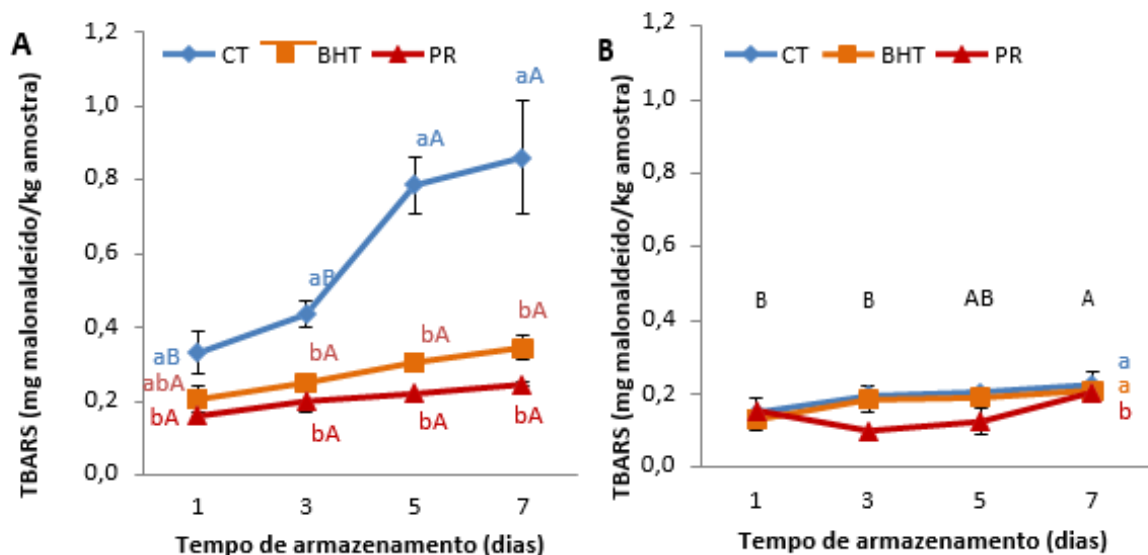
Após 1 dia de armazenamento refrigerado, a amostra PR apresentou valores significativamente menores ( $p < 0,05$ ) que o tratamento controle e similares aos hambúrgueres com antioxidante sintético (Figura 7A). Este dado indica que mesmo após um período curto de armazenamento, o antioxidante natural já conferiu proteção contra a oxidação lipídica, sendo compatível com o BHT. No decorrer do tempo de armazenamento, os tratamentos BHT e PR foram similares na manutenção da estabilidade oxidativa das amostras e apresentaram valores de TBARS significativamente inferiores em relação ao CT, o que demonstra a proteção quanto à oxidação lipídica de ambos os antioxidantes. Esta proteção pode ser verificada pela redução dos valores de TBARS em 59,30% (BHT) e 70,93% (PR) em relação à amostra controle. Resultados semelhantes foram reportados por Serrano-León (2015), que também verificou compatibilidade de ação do BHT e do extrato de resíduo de pimenta rosa em produto de frango, bem como oxidação significativamente maior do controle.

Quanto ao tempo de armazenamento, apenas a amostra CT mostrou efeito significativo ( $p < 0,05$ ) de tempo, podendo-se constatar que houve aumento considerável da oxidação lipídica ao longo do tempo de armazenamento (Figura 7A). Este resultado certamente tem relação com

o fato do filme de PVC ser permeável ao oxigênio, que entra em contato com ácidos graxos insaturados da gordura, atuando na iniciação da peroxidação lipídica e formando os radicais livres que provocam mudanças de cor, odor e sabor, acompanhados da rancidez (SEVANIAN, HOCHSTEIN, 1985) e também pela amostra não ter antioxidantes em sua formulação, os quais atuam prevenindo ou retardando este processo. Já o extrato de pimenta rosa e o BHT foram eficientes na manutenção da estabilidade oxidativa dos hambúrgueres de frango durante os 7 dias de armazenamento.

Outros estudos avaliaram o uso do extrato de resíduo de pimenta rosa em filme de quitosana para o armazenamento de filé de salmão (MERLO, 2017) e produto reestruturado de frango (SERRANO-LEÓN, 2015) e observaram valores significativamente maiores de TBARS no final do armazenamento, mesmo nas amostras com o extrato natural. Esta variação nos resultados citados em comparação com o presente estudo pode estar relacionada com o fato do extrato estar no filme de quitosana e não diretamente no produto e também por se tratar da aplicação em produtos diferentes.

**Figura 7-** Efeito dos extratos de pimenta rosa sobre os valores de TBARS de hambúrguer de frango acondicionado em embalagem aeróbia - PVC (A) e a vácuo (B) durante armazenamento refrigerado de 7 dias



Letras minúsculas diferentes entre tratamentos e letras maiúsculas diferentes entre dias indicam diferença significativa ( $p < 0,05$ ).

**C:** controle; **BHT:** butilhidroxitolueno; **PR:** extrato de pimenta rosa.

Fonte: (Autoria própria).

Em relação às amostras acondicionadas em embalagem a vácuo, houve efeito significativo ( $p < 0,05$ ) de tratamento e tempo.

Na Figura 7B observa-se que as amostras CT e BHT foram similares quanto aos valores de oxidação lipídica e que o tratamento PR apresentou valor de TBARS significativamente menor ( $P < 0,05$ ) que os dois anteriores, o que demonstra o potencial do extrato de pimenta rosa como antioxidante natural em hambúrguer de frango. Ao comparar o gráfico de estabilidade oxidativa das amostras acondicionadas em filme PVC (Figura 7A) e vácuo (Figura 7B), observa-se um efeito muito menos pronunciado, tanto do extrato de pimenta rosa, como do BHT, nas amostras embaladas a vácuo. Este resultado se deu pelo uso da embalagem barreira ao oxigênio, e, possivelmente, pelo tempo de armazenamento ter sido curto para ocorrer considerável deterioração oxidativa nas amostras, o que, conseqüentemente, faz com que a ação dos antioxidantes (BHT e extrato de pimenta rosa) fosse muito discreta. Resultados semelhantes foram observados no estudo de Packer *et al.* (2015), que avaliou o uso de extrato de resíduo de beterraba e goiaba em produto reestruturado de frango acondicionado em embalagem aeróbia e vácuo.

Em relação ao tempo de armazenamento, até o 5º dia de refrigeração não houve oxidação significativa das amostras ( $p < 0,05$ ), a qual foi verificada somente no último dia de armazenamento do produto, e através de um ligeiro aumento nos valores de TBARS. Esta estabilidade das amostras possivelmente ocorreu devido à ausência de oxigênio na embalagem, já que ele é o agente oxidante mais comum no processo de oxidação lipídica. A estabilidade oxidativa da maioria das amostras durante armazenamento refrigerado foi também observada em produto de frango acondicionado em embalagem a vácuo com extrato de resíduo de beterraba e goiaba (PACKER *et al.*, 2015) e em produto de frango embalado com filme de quitosana e extrato de resíduo de pimenta rosa (SERRANO-LEÓN, 2015).

#### **4.2.2 Valor de pH**

Em relação às amostras acondicionadas em embalagem aeróbia (PVC) e vácuo, houve efeito significativo ( $p < 0,05$ ) de tratamento, tempo e interação entre tratamento e tempo. É



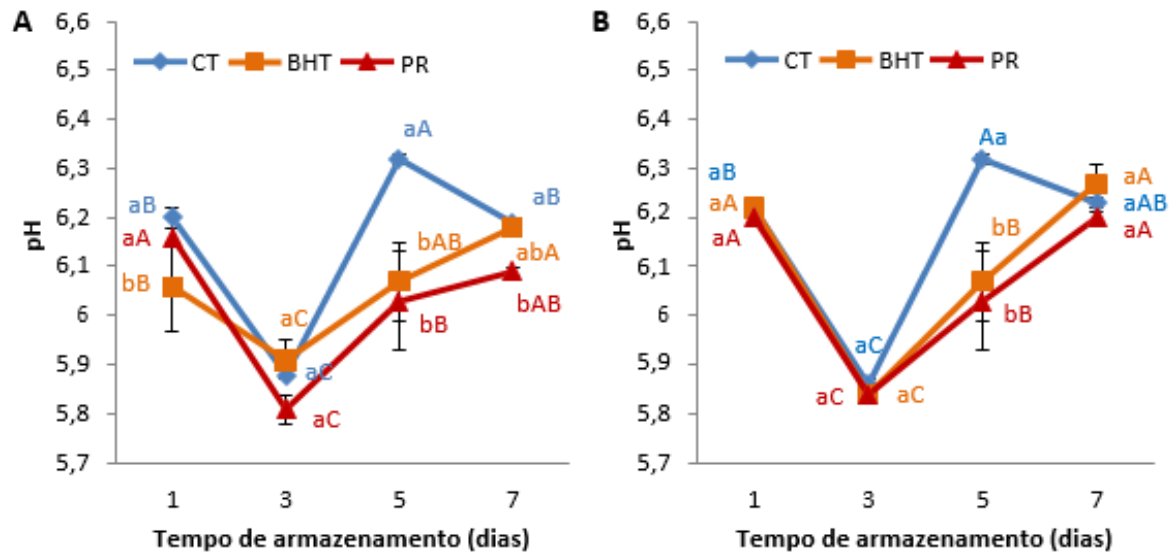
importante notar que os valores de pH das amostras acondicionadas a vácuo e no filme PVC tiveram valores semelhantes e um comportamento parecido durante o armazenamento (Figura 8A).

Ao analisar os efeitos dos extratos de pimenta rosa sobre o pH de hambúrguer de frango embalado em filme PVC durante o período de 7 dias (Figura 8A), observa-se efeito significativo dos tratamentos para a embalagem PVC. Após 3 dias de armazenamento, verificou-se uma queda brusca, seguida de aumentos nos valores de pH para todos os tratamentos e, inclusive, para ambas as embalagens. A partir do 5º dia de armazenamento, verifica-se que o tratamento PR foi significativamente menor ( $p < 0,05$ ) que o tratamento controle. Este resultado pode ser decorrente do extrato de pimenta rosa ser levemente ácido, já que a pimenta rosa apresenta pH de 5,10 (PAGANI *et al.*, 2014). Apesar de ter havido diferença entre as amostras no final do armazenamento, as variações são marginais e não significativas a nível prático (SELANI, 2010).

Em relação à embalagem a vácuo, não houve diferença significativa entre as amostras, com exceção do 5º dia de armazenamento (Figura 8B). Houve uma tendência de os valores serem mais baixos no tratamento PR, corroborando com os dados das amostras acondicionadas em filme PVC.

Para amostras em ambas as embalagens, a variação de pH foi de 5,81 à 6,32. Segundo Serrano-Leon (2015), variações de pH em carnes podem estar atreladas à solução do extrato, bactérias presentes na matéria prima, condições de armazenamento e tipo de corte de frango. Quanto ao tipo de corte, estes resultados se encontram dentro da normalidade, já que segundo Olivo (2006) e Beraquet (2000), o pH da coxa de frango varia de 6,4 a 6,7 (OLIVO, 2006) e o da sobrecoxa de frango varia de 5,8 a 6,2 (BERAQUET, 2000).

**Figura 8** - Efeito dos extratos de pimenta rosa sobre o pH de hambúrguer de frango acondicionado em embalagem aeróbia - PVC (A) e a vácuo (B) durante armazenamento refrigerado de 7 dias



Letras minúsculas diferentes entre tratamentos e letras maiúsculas diferentes entre dias indicam diferença significativa ( $p < 0,05$ )

**C:** controle; **BHT:** butilhidroxitolueno; **PR:** extrato de pimenta rosa.

Fonte: (Autoria própria).

Valores semelhantes de pH foram encontrados em produto reestruturado de frango com resíduo de pimenta rosa (SERRANO-LEÓN, 2015) e produto de frango com extrato de semente e casca de uva (SELANI, 2010; SHIRAHIGUE *et al.*, 2011).

### 4.2.3 Cor

#### 4.2.3.1 Valor de L\* (luminosidade)

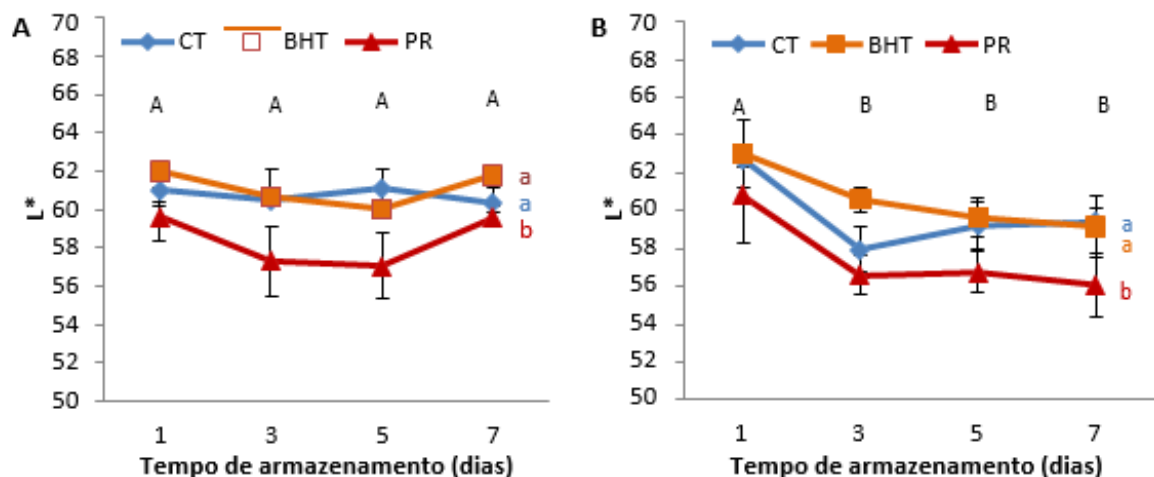
O valor de L\* analisa a luminosidade da amostra através de uma escala que varia de 0 (preto) a 100 (branco).

Nas amostras embaladas aerobicamente houve efeito significativo ( $p < 0,05$ ) somente de tratamento.

De acordo com a Figura 9A, o tratamento PR apresentou um valor de  $L^*$  significativamente menor em comparação ao BHT e CT, indicando uma amostra mais escura em relação às demais. Este resultado certamente está relacionado à presença do extrato de pimenta rosa na formulação, que afetou a coloração natural do hambúrguer. Este resultado corrobora com o observado no estudo de Selani (2010), que reportou que tratamentos com extratos naturais de semente e casca de uva provocaram maior alteração no valor  $L^*$  da carne de frango decorrente da coloração escura dos extratos. No entanto este resultado difere do observado por Serrano-Leon (2015), que não encontrou variação no valor de  $L^*$  dos produtos de frango com ou sem extrato de resíduo de pimenta rosa. A partir disto, verifica-se que a alteração de cor certamente está relacionada à coloração do extrato obtido e ao tipo de produto aplicado.

Durante os 7 dias de armazenamento, conforme observado na Figura 9A, não houve alteração na coloração das amostras.

**Figura 9** - Efeito dos extratos de pimenta rosa sobre o valor de  $L^*$  de hambúrguer de frango acondicionado em embalagem aeróbia - PVC (A) e a vácuo (B) durante armazenamento refrigerado de 7 dias



Letras minúsculas diferentes entre tratamentos e letras maiúsculas diferentes entre dias indicam diferença significativa ( $p < 0,05$ )

**C:** controle; **BHT:** butilhidroxitolueno; **PR:** extrato de pimenta rosa.

Fonte: (Autoria própria).

Nas amostras embaladas a vácuo houve efeito significativo ( $p < 0,05$ ) de tratamento e tempo de armazenamento.

Observando o gráfico dos hambúrgueres embalados a vácuo (Figura 9B), novamente o tratamento PR apresentou-se significativamente mais escuro em relação aos demais, devido à interferência da cor do extrato na cor natural do hambúrguer. Durante a refrigeração verifica-se que, logo após o processamento (1 dia de armazenamento) as amostras tinham coloração mais clara, as quais escureceram a partir do 3º dia de armazenamento, com manutenção da coloração até 7 dias de refrigeração. O valor de  $L^*$  inicialmente mais alto pode estar relacionado ao período de mudança da forma da mioglobina após embalagem do produto, o qual, durante o processamento, devido ao contato com o oxigênio, estava com pigmentos na forma de oximioglobina (cor vermelho vivo) e, ao ser embalado a vácuo, passou à forma deoximioglobina (cor vermelho escuro/vermelho púrpura) (FAUSTAMN; SUMAN, 2017).

#### 4.2.3.2 Valor de $a^*$ (intensidade de cor vermelha)

Quanto ao valor de  $a^*$ , nas amostras embaladas aerobicamente, houve efeito significativo ( $p < 0,05$ ) de tratamento, tempo de armazenamento e interação entre eles.

Em relação aos efeitos dos tratamentos, a amostra com extrato de pimenta rosa apresentou-se mais avermelhada do que o controle, com exceção do 3º dia de armazenamento (Figura 10A). Novamente, este resultado possivelmente se deve à coloração do extrato de pimenta rosa. Já os tratamentos CT e BHT não se diferenciam entre si em nenhum dia de armazenamento.

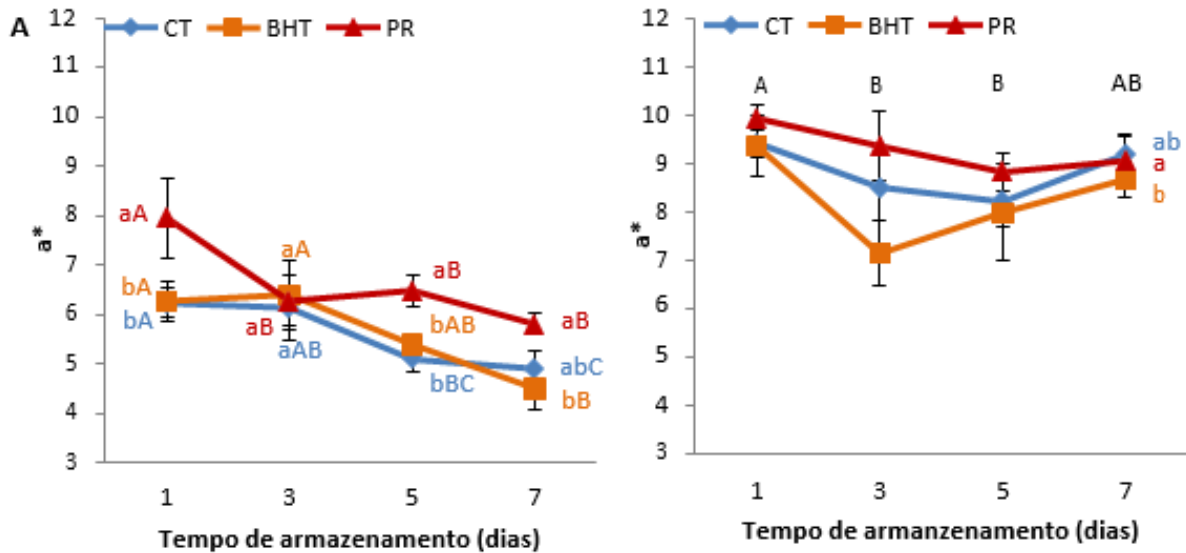
Nas amostras embaladas anaerobicamente, houve efeito significativo ( $p < 0,05$ ) de tratamento e tempo de armazenamento.

A intensidade de cor vermelha do tratamento PR foi superior, apesar de não ter diferenciado da cor do tratamento controle, que, por sua vez, foi semelhante à do BHT (Figura 10B). Este resultado pode ser decorrente da proteção dos antioxidantes naturais contra a oxidação lipídica e da mioglobina, mantendo o pigmento em sua forma reduzida e evitando a formação de pigmentos marrons decorrentes da forma oxidada metamioglobina.

Em relação ao BHT, o mesmo chegou a apresentar, apesar de não significativos, valores menores de  $a^*$  em relação ao controle no 7º dia de armazenamento para a embalagem PVC e menores para todos os dias de análise na embalagem a vácuo, indicando que este antioxidante sintético, apesar de apresentar eficiência no retardo da oxidação lipídica, é instável quanto à manutenção da intensidade da coloração Vermelha para hambúrgueres de frango armazenados sob refrigeração (SELANI, 2010).

De acordo com a Figura 10A e B, observa-se queda em relação ao valor de  $a^*$  ao longo do período de refrigeração, sendo mais intensa nas amostras acondicionadas em filme PVC em relação às amostras a vácuo. Este resultado pode estar relacionado à exposição da matéria ao oxigênio, permitida pela permeabilidade ao mesmo pelo filme de PVC. De acordo com O'Grady (1998), há uma relação entre o processo de oxidação lipídica e a diminuição da intensidade da coloração avermelhada, ligada às mudanças na oximioglobina sendo o oxigênio capaz de promover reações de oxidação no músculo, provocando tais alterações. Declínio na intensidade de cor vermelha concorda com os estudos feitos por Serrano-Leon (2015) e Merlo (2017), que aplicaram extratos de resíduo de pimenta rosa em produto reestruturado de frango e filés de salmão, respectivamente.

**Figura 10** - Efeito dos extratos de pimenta rosa sobre o valor de  $a^*$  de hambúrguer de frango acondicionado em embalagem aeróbia – PVC (A) e a vácuo (B) durante armazenamento refrigerado de 7 dias



Letras minúsculas diferentes entre tratamentos e letras maiúsculas diferentes entre dias indicam diferença significativa ( $p < 0,05$ )

**C:** controle; **BHT:** butilhidroxitolueno; **PR:** extrato de pimenta rosa.

Fonte: (Autoria própria).

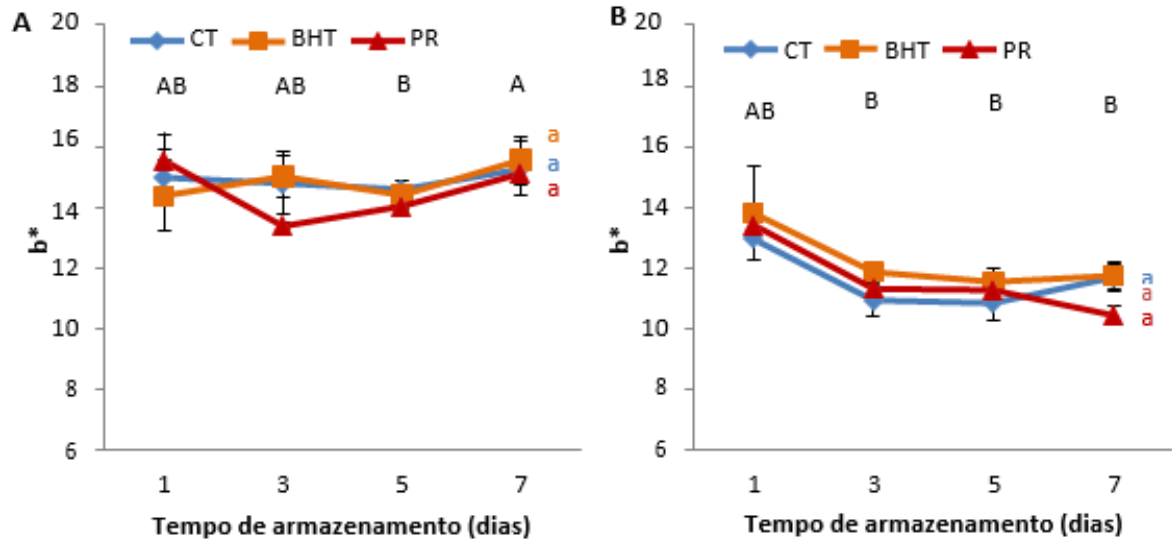
#### 4.2.3.3 Valor de $b^*$ (intensidade de cor amarela)

Em ambos os tipos de embalagem (PVC e vácuo) houve efeito significativo ( $p < 0,05$ ) somente do tempo de armazenamento.

Durante o período de armazenamento, houve um declínio acentuado na intensidade da coloração amarela das amostras embaladas a vácuo (Figura 11B).

Não houve efeito significativo de tratamento para o valor de  $b^*$  (Figuras 11A e B) e isto pode estar relacionado ao fato de o extrato de pimenta rosa ter coloração amarelada, não afetando a cor característica do produto. Resultados semelhantes foram reportados por Serrano-León (2015) que estudaram a aplicação de extrato de resíduo de pimenta rosa em produto de frango.

**Figura 11** - Efeito dos extratos de pimenta rosa sobre o valor de  $b^*$  de hambúrguer de frango acondicionado em embalagem aeróbia - PVC (A) e a vácuo (B) durante armazenamento refrigerado de 7 dias



Letras minúsculas diferentes entre tratamentos e letras maiúsculas diferentes entre dias indicam diferença significativa ( $p < 0,05$ )

**C:** controle; **BHT:** butilhidroxitolueno; **PR:** extrato de pimenta rosa.

Fonte: (Autoria própria).

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O extrato de pimenta rosa apresentou considerável teor de compostos fenólicos e atividade antioxidante.

A aplicação de extratos de pimenta rosa na concentração de 90 mg AGE/kg de carne em hambúrgueres de frango, demonstrou-se eficaz frente à manutenção da oxidação lipídica das amostras acondicionadas em embalagem aeróbia. Em embalagem a vácuo, devido à baixa taxa de oxidação das amostras no período estudado, não foi possível avaliar a efetividade dos extratos naturais.

O extrato de pimenta rosa foi mais efetivo que o BHT para retardar a oxidação lipídica de amostras acondicionadas em embalagem aeróbia e foi tão eficiente quanto este antioxidante sintético em amostras embaladas a vácuo.

Amostras com extrato de pimenta rosa apresentaram pH ligeiramente mais baixo que o CT e o BHT. Quanto à análise da coloração, houve interferência da coloração escura do extrato no valor de  $L^*$  das amostras acondicionadas a vácuo e em filme PVC. No entanto, para o valor de  $a^*$ , o extrato de pimenta rosa se mostrou efetivo perante todos os outros tratamentos. A intensidade de coloração amarela não foi afetada adição dos extratos no produto.

A aplicação do extrato de pimenta rosa mostrou-se um método eficiente para retardar a oxidação lipídica, podendo ser considerada um antioxidante promissor para a indústria. É importante ressaltar que mais estudos devem ser desenvolvidos perante a esta matéria prima para aprimorar a sua aplicação e, conseqüentemente, minimizar interferências indesejáveis, especialmente referentes à coloração do produto.



## 6 REFERÊNCIAS

ADAMS, C. A. Oxidation and oxidants. In: \_\_\_\_\_. **Nutricines: food components in health and nutrition**. Nottingham University Press, Nottingham, 1999. p. 11–34.

AL-DUAIS, M., MÜLLER, L., BÖHM, V., JETSCHKE, G. Antioxidant capacity and total phenolics of *Cyphostemma digitatum* before and after processing: use of different assays. **European food research and technology**, v. 228, n. 5, p. 813-821, 2009.

ANDRADE, K. S. **Extração e microencapsulamento de extratos de interesse biológico provenientes de pimenta-do-reino (*Piper nigrum* L.) e de pimenta rosa (*Schinus terebinthifolius* R.)**. 2015. 164 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Alimentos) – Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2015.

BARBOSA, L. C. A. Seasonal variation in the composition of volatile oils from *Schinus terebinthifolius* RADDI. **Química Nova**, São Paulo, v. 30, n. 8, p.1959-1965, dez. 2007.

BERAQUET, N.J. Carne mecanicamente separada de aves. In: SEMINÁRIO E CURSO TEÓRICO-PRÁTICO AGREGANDO VALOR A CARNE DE AVES, 1, 2000, Campinas. **Anais...** Campinas: ITAL, 2000, p. 17-19.

BERGAMASCHI, K. B. **Extração, determinação da composição fenólica e avaliação do potencial de desativação de espécies reativas de oxigênio e da atividade anti-inflamatória de resíduos de amendoim, pimenta-rosa e pimenta-do-reino**. 2016. 97 -f. Tese (Doutorado em Ciências) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2016.

BERTOLDI, M. C. **Atividade antioxidante in vitro da fração fenólica das oleorresinas e do óleo essencial da pimenta rosa (*Schinus Terebinthifolius* Raddi)**. 2006. 96 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos), Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2006.

BLAZOTO, F. O. **Atividade antioxidante, anticolinesterásica e perfil metabólico de diferentes tipos de pimentas: implicações na doença de Alzheimer**. 2014. 82 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2014.

BRAGA, F. G.; BOUZADA, M. L. M.; FARBI, R. L.; MATOS, M. O.; FRANCIS, O. M.; SCIO, E.; COIMBRA, E.S. Antileishmanial and antifungal activity of plants used in traditional medicine in Brazil. **Journal of Ethnopharmacology**, Lausanne, v. 111, n. 2, p. 396-402, 2007.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 20, de 31 de julho de 2000. Aprova os regulamentos técnicos de identidade e qualidade de almôndega, de apresuntado, de fiambre, de hambúrguer, de kibe, de presunto cozido e de presunto. **Diário Oficial [da] União**, Brasília, DF, 03 de ago. 2000, n. 149, seção 1, p.7-12.

CARVALHO, M. G.; MELO, A. G. N.; ARAGÃO, C. F. S.; RAFFIN, F. N.; MOURA, T. F. A. L. *Schinus terebinthifolius* Raddi: chemical composition, biological properties and toxicity. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, Botucatu, v. 15, n. 1, p. 158- 169, 2013.

CAVALHER-MACHADO, S. C.; ROSAS, E. C.; BRITO, F. A.; HERINGE, A. P.; OLIVEIRA, R. R.; KAPLAN, M. A.; FIGUEIREDO, M. R.; HENRIQUES, M. G. The anti-allergic activity of the acetate fraction of *Schinus terebinthifolius* leaves in IgE induced mice paw edema and pleurisy. **International Immunopharmacology**, Amsterdam, v. 8, n. 11, p. 1552-1560, 2008.

CORRÊA, M. P. Dicionário de plantas úteis do Brasil e das exóticas cultivadas, v. 3. Rio de Janeiro: **Imprensa Nacional**, 1974, p. 125-126.

DANNENBERG, G. S.; FUNCK, G. D.; MATTEI, F. J.; SILVA, W. P.; FIORENTINI, Â. M. Antimicrobial and antioxidant activity of essential oil from pink pepper tree (*Schinus terebinthifolius* Raddi) in vitro and in cheese experimentally contaminated with *Listeria monocytogenes*. **Innovative Food Science & Emerging Technologies**, Amsterdam, v. 36, p. 120-127, 2016.

DAVIDÉK, J.; VELISEK, J.; POKORNY, J. Sensorically active compounds. V. Davídek, J.; Pokorny, J. (Eds.). In: **Chemical changes during food processing**. Distributors for the US and Canada: Elsevier Science, 1990. p. 302-378, 1990.

ENNIGROU, A.; CASABIANCA, H.; LAARIF, A.; HANCHI, B.; JOSNI, K. Maturation-related changes in phytochemicals and biological activities of the Brazilian pepper tree (*Schinus terebinthifolius* Raddi) fruits. **South African Journal of Botany**, Pretoria, v. 108, p. 407-415, 2017.

FAUSTMAN, C.; SUN, Q.; MANCINI, R.; SUMAN, S. P. Myoglobin and lipid oxidation interactions: Mechanistic bases and control. **Meat Science**, 2010.

FAUSTMAN, C.; SUMAN, S.P. The eating quality of meat: I – Color. In: F. TOLDRÁ. **Lawries's meat Science**. 8th. ed. chap. 11, 2017. p. 329-356.

FERRARI, C. K. B. Oxidação lipídica em alimentos e sistemas biológicos: Mecanismos gerais e implicações nutricionais e patológicas. **Revista de Nutrição**, Campinas, v. 11, n. 1, p. 3-14, 1998.

FEUEREISEN, M. M.; HOPPE, J.; ZIMMERMANN, B. F.; WEBER, F.; SCHULZEKAYSERS, N.; SCHIEBER, A. Characterization of phenolic compounds in Brazilian pepper (*Schinus terebinthifolius* Raddi) Exocarp. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 62, n. 26, p. 6219-6226, 2014.

FIELD, R.A. Mechanically separated meat, poultry and fish. In: PEARSON, A.M.; DUTSON, T.R. **Edible Meat By-Products**, London: Elsevier, 1988. chap. 4, p. 83-128.

FRANKEL, E. N. Lipid oxidation. **Progress in Lipid Research**, Peoria, v. 19, p. 1-22, 1980.

- GOVARIS, A. *et al.* The antimicrobial effect of oregano essential oil, nisin and their combination against Salmonella Enteritidis in minced sheep meat during refrigerated storage. **International Journal of Food Microbiology**, Amsterdam, v. 137, n. 2, p. 175-180, 2010.
- GUTTERIDGE, J. M. C.; HALLIWELL, B. Antioxidants: Molecules, medicines, and myths. **Biochemical and Biophysical Research Communications**, Orlando, v. 393, p. 561564, 2010.
- HALLIWELL, B. How to characterize a biological antioxidant. **Free Radical Research**, London, v. 9, n. 1, p. 1-32, 1990.
- HAMILTON, R.J. The chemistry of rancidity food. In: ALLEN, J. C.; HAMILTON, R. J. **Rancidity in foods**. London: Blackie Academic, 1994. p. 1-21.
- JAIRAM, V.; UCHIDA, K.; NARAYANASWAMI, V. Pathophysiology of Lipoprotein Oxidation. In: FRANK, S.; KOSTNES, G. **Lipoproteins – Role in Health and Diseases**, Intech, 2012. p. 383 – 408.
- JIANG, J.; XIONG, Y. L. Natural antioxidants as food and feed additives to promote health benefits and quality of meat products: a review. **Meat science**, Barking, v. 120, p. 107-117, 2006.
- KIM, D. O.; JEONG, S. W.; LEE, C. Y. Antioxidant capacity of phenolic phytochemicals from various cultivars of plums. **Food Chemistry**, v. 81, n. 3, p. 321- 326, 2003.
- LUCENA, P. L. H.; RIBAS-FILHO, J. M.; NASCIMENTO, M. M.; CZECZKO, N. G.; DIETZ, U. A.; CORREA-NETO, M. A.; HENRIQUES, G. S.; SANTOS, O. J.; CESCHIN, A. P.; THIELE, E. S. Avaliação da ação da aroeira (*Schinus terebinthifolius* Raddi) na cicatrização de feridas cirúrgicas em bexiga de ratos. **Acta Cirúrgica Brasileira**, São Paulo, v. 21, n. 2, p. 46-51, 2006.
- MERLO, T. C. **Efeito da combinação de atmosfera modificada com filmes ativos sobre a qualidade e vida útil de filés de salmão do Atlântico (*Salmo salar*)**. 2017. 81 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2017.
- MOURE, A.; CRUZ, J. M.; FRANCO, D.; MANUEL DOMINGUEZ, J.; SINEIRO, J.; DOMINGUEZ, H.; NÚÑEZ, M.J.; CARLOS-PARAJÓ, J. Natural antioxidants from residual sources. **Food Chemistry**, London, v. 72, n. 2, p. 145–171, 2001.
- NASCIMENTO, M. G. F.; OLIVEIRA, C. Z. F.; NASCIMENTO, E.R. Hambúrguer: Evolução comercial e padrões microbiológicos. **Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos**, Curitiba, v. 23, n.1, p.59-74, 2005.
- NAVEENA, B. M.; SEN, A. R.; VAITHIYANATHAN, S.; BABJI, Y.; KONDAIAH, N. Comparative efficacy of pomegranate juice, pomegranate rind powder extract and BHT as

antioxidants in cooked chicken patties. **Meat Science**, Barking, v. 80, n. 4, p. 1304-1308, 2008.

O'GRADY, M. N.; MONAHAN, F. J.; BAILEY, J.; ALLEN, P.; BUCKLEY, D. J.; KEANE, M. G. Colour-stabilising effect of muscle vitamin E in minced beef stored in high oxygen packs. **Meat science.**, vol. 50, no. 1, 73-80, 1998.

OLIVO, R. **O Mundo do Frango: cadeia produtiva da carne de frango**. São Paulo: Varela, 2006. 680 p.

PACKER, V. G.; MELO, P. S.; BERGAMASCHI, K. B.; SELANI, M. M.; VILLANUEVA, N. D. M.; ALENCAR, S. M.; CONTRERAS-CASTILLO, C. J. Chemical characterization, antioxidant activity and application of beetroot and guava residue extracts on the preservation of cooked chicken meat. **Journal of Food Science and Technology**, 10 mai. 2015.

PAGANI, A. A. C., DE SOUZA, A. L. G., SOUZA, D. S., BATISTA, R. A., XAVIER, A. C. R., & PAGANI, G. D. Quantification of bioactive compounds of pink pepper (*Schinus Terebinthifolius*, Raddi). **International Journal of Engineering and Innovative Technology**, v. 4, p. 37-41, 2014.

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

REGITANO-D'ARCE, M. A. B. Deterioração de lipídeos. In: OETTERER, M.; REGITANO-D'ARCE, M. A. B.; SPOTO, M. **Fundamento de Ciência e Tecnologia de Alimentos**. Barueri: manolo, 2006. p. 243-299.

REGITANO-D'ARCE, M. A. B. Deterioração de lipídeos. In: OETTERER, M.; REGITANO-D'ARCE, M. A. B.; SPOTO, M. **Fundamento de Ciência e Tecnologia de Alimentos**. Barueri: manolo, 2006. p. 243-299.

REISCHE, D. W.; LILLARD, D. A.; EITENMILLER, R. R. Antioxidants. In: AKOH, C.; MIN, D.B. (Eds.) **Food lipids: chemistry, nutrition, and biotechnology**. New York: CRC Press, 2008. 409-430p.

ROJAS, M. C.; BREWER, M. S. Effect of natural antioxidants on oxidative stability of frozen, vacuum-packaged beef and pork. **Journal of Food Quality**, Wastport, v. 31, n. 2, p. 173-188, 2008.

ROSAS, E.C.; CORREA, L.B.; PÁDUA, T.A.; COSTA, T.E.M.M.; MAZZEI, J.L.; HERINGER, A.P.; BIZARRO, C.A.; KAPLAN, M.A.C.; FIGUEIREDO, M.R.; HENRIQUES, M.G. Anti-inflammatory effect of *Schinus terebinthifolius* Raddi hydroalcoholic extract on neutrophil migration in zymosan-induced arthritis. **Journal of Ethnopharmacology**, Lausanne, v. 15, p. S0378-8741, 2015.

SARANTÓPOULOS, M. Embalagens semi-rígidas plásticas e de alumínio: opções para alimentos esterilizado. **Coletânea do Instituto de Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 22, p. 1-12, 1991.

SELANI, M. M. **Extrato de bagaço de uva como antioxidante natural em carne de frango processada e armazenada sob congelamento**. 2010. 101 f. Tese (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2010.

SHIRAHIGUE, L. D.; CONTRERAS-CASTILLO, C. J.; SELANI, M. M.; NADAI, A. P.; MOURÃO, G. B.; GALLO, C. R. Winery grape-residue extract: Effects on quality and sensory attributes of cooked chicken meat. **Food Sci. Biotechnol.**, 31 out. 2011.

SERRANO-LEÓN, J. S. **Caracterização química e estabilidade oxidativa de reestruturado de frango sob a ação de embalagem ativa adicionada de extratos de resíduos agroindustriais**. 2015. 128 p. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2015.

SEVANIAN, A.; HOCHSTEIN, P. Mechanisms and consequences of lipid peroxidation in biological systems. **Annual Review of Nutrition**, Palo Alto, v. 5, n. 1, p. 365-390, 1985.

SHAHIDI, F.; JANITHA, P. K.; WANASUNDARA, P. D. Phenolic antioxidants. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, Boca Raton, v. 32, n. 1, p. 67- 103, 1992.

SILVA, F. A.; BORGES, M. F. M.; FERREIRA, M. A. Métodos para avaliação do grau de oxidação lipídica e da capacidade antioxidante. **Química Nova**, São Paulo, v. 22, n. 1, p. 94-103, 1999.

SINGLETON, V.L.; ORTHOFER, R.; LAMUELA-RAVENTÓS, R. M. Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of FolinCiocalteu reagent. **Methods in Enzymology**, New York, v. 299, p. 152–178, 1999.

SOARES, S. E. Ácidos fenólicos como antioxidantes. **Revista de Nutrição**, Campinas, v. 15, n. 1, p. 72-81, jan./abr. 2002.

SORENSEN, G.; JORGENSEN, S. S. A critical examination of some experimental variables in the 2-thiobarbituric acid (TBA) test for lipid oxidation in meat products. **Zeitschrift für Lebensmittel-Untersuchung und Forschung**, Berlin, v. 202, n. 3, p. 205–210, 1996.

VADIVEL, V., RAVICHANDRAN, N., RAJALAKSHMI, P., BRINDHA, P., GOPAL, A., & KUMARAVELU, C. Microscopic, phytochemical, HPTLC, GC–MS and NIRS methods to differentiate herbal adulterants: Pepper and papaya seeds. **Journal of Herbal Medicine**, 2018.

VEGA-GÁLVEZ, A., DI SCALA, K., RODRÍGUEZ, K., LEMUS-MONDACA, R., MIRANDA, M., LÓPEZ, J., & PEREZ-WON, M. Effect of air-drying temperature on physico-chemical properties, antioxidant capacity, colour and total phenolic content of red pepper (*Capsicum annuum*, L. var. Hungarian). **Food Chemistry**, v. 117, n. 4, p. 647-653, 2009.

VELÁZQUEZ, E.; TOURNIER, H. A.; DE BUSCHIAZZO, P. M.; SAAVEDRA, G.; SCHINELLA, G. R. Antioxidant activity of Paraguayan plant extracts. **Fitoterapia**, Milano, v. 74, n. 1, p. 91-97, 2003.

VYNCKE, W. Direct determination of the thiobarbituric acid value in trichloroacetic acid extracts of fish as a measure of oxidative rancidity. **Fette, Seifen, Anstrichmittel, Leinfelden**, v. 77, p. 239–240, 1970.

WANASUNDARA, U. N.; SHAHIDI, F. Antioxidant and pro-oxidant activity of green tea extracts in marine oils. **Food Chemistry**, London, v. 63, n. 3, p. 335-342, 1998.