

**Universidade de São Paulo  
Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"**

**Extrato de bagaço de uva como antioxidante natural em carne de frango  
processada e armazenada sob congelamento**

**Miriam Mabel Selani**

Dissertação apresentada para obtenção do título de  
Mestre em Ciências. Área de concentração: Ciência  
e Tecnologia de Alimentos

**Piracicaba  
2010**

# **Livros Grátis**

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

Miriam Mabel Selani  
Bacharel em Ciências dos Alimentos

**Extrato de bagaço de uva como antioxidante natural em carne de frango processada e armazenada sob congelamento**

Orientadora:  
Prof<sup>a</sup>. Dra. **CARMEN JOSEFINA CONTRERAS CASTILLO**

Dissertação apresentada para obtenção do título  
de Mestre em Ciências. Área de concentração:  
Ciência e Tecnologia de Alimentos

**Piracicaba  
2010**

**Aos meus pais, Antonio Selani (*in memoriam*)  
e Catsue Hirata Selani (*in memoriam*)  
por todo o amor, apoio e por tudo que me ensinaram**

**DEDICO.**



## AGRADECIMENTOS

À Deus.

Aos meus pais, Antonio Selani e Catsue Hirata Selani, por todos os anos de dedicação e amor e por me transmitirem paz e serenidade.

Ao meu irmão Clayton Selani, pelo amor, carinho, por me apoiar em minhas decisões e à minha cunhada, Silvia Patrícia Padilha Ramos, pelo carinho e amizade.

Ao meu namorado Paulo Henrique Bertucci Ramos, por estar sempre ao meu lado, acreditar em mim e fazer a minha vida mais feliz.

À Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” e ao Departamento de Agroindústria, Alimentos e Nutrição, pela excelência em minha formação e por possibilitar a realização deste trabalho.

À Profa. Dra. Carmen Josefina Contreras Castillo, responsável pela minha formação científica, meu eterno agradecimento, pelo apoio, dedicação, confiança e amizade.

À Roberta Teresa Rizzo Benatto, pela amizade, pela ajuda nas análises, e principalmente por todas as risadas e momentos de alegria no decorrer deste trabalho.

Ao Prof. Severino Matias de Alencar, por toda a ajuda nas análises químicas dos extratos.

Ao Manuel Plata Oviedo, pelo fornecimento dos extratos de uva, pela ajuda nas análises químicas dos extratos e pela correção da dissertação.

Ao Prof. Cláudio Rosa Gallo e sua equipe, Cecília, Rosalina e Cleomar, pela ajuda nas análises microbiológicas.

À Profa. Nilda Villanueva, pela ajuda com as análises estatísticas.

À Profa. Solange Guidolin Canniatti Brazaca, à Sueli Regina Baggio e ao Manuel Plata Oviedo, pelas correções da dissertação.

À Débora Niero Mansi e Luciana Kimie Savay da Silva, pela ajuda na realização das análises bromatológicas.

À Cryovac, pela contribuição no fornecimento das embalagens.

À Tânia Maria Machado e à IBRAC, pela contribuição no fornecimento dos aditivos.

À todos os funcionários do Departamento de Agroindústria, Alimento e Nutrição, em especial à Beatriz Helena Giongo, Gislaine Martins Nóbilo, Regina Célia Cardoso Marafon,

Fábio Benedito Rodrigues, Luis Carlos Rodrigues e Rubens César Pereira, por todo o apoio e paciência.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) pela bolsa de estudo e pelo auxílio financeiro concedido para a realização deste trabalho.

Ao Laboratório de Processamento e Qualidade de Carnes e às antigas e atuais *Las Carmencetes* Afogada, Alessandra, Anna, Babalú, D-cinema, (Ju)<sup>2</sup>ba, Juliana, K-rpada, Lucy, Priscila, Raq, Sabrina, Troppo, aos *Carmencitos* Márcio e Allan, pela ajuda, companheirismo e pelas conversas e risadas durante as análises, e em especial à Damasko, Massaferra e Ligianne pela amizade e imensa ajuda, o que tornou possível a realização deste trabalho.

Às amigas Fubá, Grozelha, Kissi e Kurau, pela amizade verdadeira, de perto ou à distância, pelo apoio, conselhos e risadas.

À todos amigos da IV turma de Ciências dos Alimentos, especialmente à C/pota, Dã-top, Iakut, Inmetro, Locuthor e Sábado.

E, por fim, a todos aqueles que de alguma maneira contribuíram para a realização deste trabalho.

## SUMÁRIO

|                                                                                 |    |
|---------------------------------------------------------------------------------|----|
| RESUMO .....                                                                    | 9  |
| ABSTRACT .....                                                                  | 11 |
| 1 INTRODUÇÃO.....                                                               | 13 |
| 2 DESENVOLVIMENTO.....                                                          | 15 |
| 2.1 Revisão bibliográfica.....                                                  | 15 |
| 2.1.1 Composição lipídica da carne.....                                         | 15 |
| 2.1.2 Oxidação lipídica.....                                                    | 16 |
| 2.1.2.1 Oxidação Lipídica em carnes.....                                        | 19 |
| 2.1.3 Fatores que afetam a oxidação lipídica em carnes e produtos cárneos.....  | 20 |
| 2.1.3.1 Composição de ácidos graxos.....                                        | 21 |
| 2.1.3.2 Temperatura.....                                                        | 21 |
| 2.1.3.3 Oxigênio.....                                                           | 22 |
| 2.1.3.4 Luz.....                                                                | 22 |
| 2.1.3.5 Processamento.....                                                      | 23 |
| 2.1.4 Principais consequências do processo oxidativo em carnes.....             | 23 |
| 2.1.4.1 <i>Flavour</i> .....                                                    | 23 |
| 2.1.4.2 Cor.....                                                                | 24 |
| 2.1.4.3 Valor Nutritivo.....                                                    | 24 |
| 2.1.4.4 Segurança dos alimentos.....                                            | 25 |
| 2.1.5 Antioxidantes.....                                                        | 25 |
| 2.1.5.1 Mecanismo de ação dos antioxidantes.....                                | 26 |
| 2.1.5.2 Antioxidantes sintéticos.....                                           | 28 |
| 2.1.5.3 Antioxidantes naturais.....                                             | 29 |
| 2.1.6 Resíduos da indústria vinícola.....                                       | 30 |
| 2.1.7 Embalagem.....                                                            | 31 |
| 2.1.8 Congelamento.....                                                         | 32 |
| 3 MATERIAL E MÉTODOS.....                                                       | 35 |
| 3.1 Preparo dos extratos de uva.....                                            | 35 |
| 3.2 Conteúdo de compostos fenólicos dos extratos de semente e casca de uva..... | 37 |
| 3.3 Preparo das amostras de carne de frango.....                                | 37 |
| 3.4 Análises das amostras de frango.....                                        | 40 |
| 3.4.1 Composição centesimal.....                                                | 42 |
| 3.4.2 Cor instrumental.....                                                     | 42 |
| 3.4.3 Avaliação do pH.....                                                      | 42 |
| 3.4.4 Determinação da oxidação lipídica (TBARS).....                            | 43 |
| 3.4.5 Avaliação microbiológica.....                                             | 43 |
| 3.4.6 Avaliação sensorial.....                                                  | 44 |
| 3.5 Delineamento experimental e Avaliação estatística dos resultados.....       | 45 |
| 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....                                                   | 47 |
| 4.1 Conteúdo de compostos fenólicos totais.....                                 | 47 |
| 4.2 Composição centesimal.....                                                  | 48 |
| 4.3 Cor instrumental.....                                                       | 50 |
| 4.3.1 Cor instrumental de carne de frango processada e cozida.....              | 50 |
| 4.3.2 Cor instrumental de carne de frango processada crua.....                  | 56 |
| 4.4 Avaliação do pH.....                                                        | 61 |

|                                                                                     |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 4.4.1 Avaliação do pH de carne de frango processada e cozida .....                  | 61 |
| 4.4.2 Avaliação do pH de carne de frango processada crua.....                       | 63 |
| 4.5 Determinação da oxidação lipídica (TBARS).....                                  | 65 |
| 4.5.1 Determinação da oxidação lipídica de carne de frango processada e cozida..... | 65 |
| 4.5.2 Determinação da oxidação lipídica de carne de frango processada crua .....    | 70 |
| 4.6 Avaliação microbiológica .....                                                  | 73 |
| 4.7 Avaliação sensorial .....                                                       | 77 |
| 5 CONCLUSÕES.....                                                                   | 87 |
| REFERÊNCIAS.....                                                                    | 89 |

## RESUMO

### **Extrato de bagaço de uva como antioxidante natural em carne de frango processada e armazenada sob congelamento**

A carne de frango, em razão da elevada concentração de ácidos graxos insaturados, é altamente suscetível ao processo de oxidação lipídica, que afeta sabor, aroma, cor e textura dos alimentos, limitando sua estabilidade e vida-útil. Devido à possível toxicidade dos antioxidantes sintéticos e à demanda atual por produtos mais saudáveis, o uso de antioxidantes naturais, como o extrato de semente e casca de uva, representa uma alternativa na prevenção da oxidação lipídica em carne de frango, além de permitir aproveitamento do resíduo do processamento do vinho e suco de uva. Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar extratos de bagaço de uva (sementes e cascas) das variedades Isabel e Niágara (*Vitis labrusca* L.) quanto à atividade antioxidante em carne de frango processada crua e cozida. Foram adicionados à carne de frango 4 tipos de antioxidantes: butilhidroxitolueno; mistura comercial de eritorbato de sódio, ácido cítrico e açúcar; extrato de semente e casca de uva Isabel; extrato de semente e casca de uva Niágara; além do tratamento controle, sem antioxidante. A carne de frango foi processada no formato de mini-hambúrgueres, embalada a vácuo e armazenada sob congelamento (-18°C), durante 9 meses. As amostras foram caracterizadas através da determinação da composição centesimal. A cada três meses, foram realizadas análises de pH, cor instrumental, avaliação microbiológica, oxidação lipídica (valor das substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico – TBARS) e análise sensorial. Não foi verificada alteração significativa ( $p > 0,05$ ) na composição centesimal e no valor de pH de amostras cruas e cozidas, em nenhum dos tratamentos analisados. Ambos os extratos de bagaço de uva mostraram efeito na inibição da oxidação lipídica da carne de frango crua e cozida, apresentando resultados comparáveis aos antioxidantes sintéticos utilizados. Houve interferência dos extratos de bagaço de uva na coloração da carne de frango cozida. Na análise de cor objetiva, os tratamentos com extrato de semente e casca de uvas Isabel e Niágara apresentaram-se mais escuros, menos avermelhados e com menor intensidade de cor amarela e, na análise subjetiva, as notas destes tratamentos, para o atributo alteração de cor, foram significativamente maiores ( $p < 0,05$ ) que as dos demais tratamentos. A coloração da carne de frango crua não foi afetada pela adição dos extratos. Através da análise sensorial, o extrato de bagaço de uva Isabel causou menor alteração no sabor e odor da carne de frango, apresentando resultados semelhantes aos antioxidantes sintéticos. Os resultados da análise microbiológica indicaram que as amostras de todos os tratamentos apresentaram-se dentro dos padrões estabelecidos pela legislação brasileira. A utilização de bagaço da indústria vinícola (semente e casca) como antioxidante natural, combinado com o uso da embalagem a vácuo e armazenamento congelado, pode ser considerada um método eficiente para retardar a oxidação lipídica de carne de frango processada, tanto crua, como cozida. Entretanto mais estudos devem ser conduzidos a fim de aprimorar a compatibilidade dos extratos ao produto, buscando minimizar suas interferências nas características sensoriais e organolépticas.

Palavras-chave: Antioxidantes naturais; Oxidação lipídica; Bagaço de uva; Carne de frango.



## ABSTRACT

### **Grape pomace extract as natural antioxidant in processed chicken meat stored under freezing**

Chicken meat, due to the high concentration of unsaturated fatty acids, is highly susceptible to lipid oxidation, which affects taste, aroma, colour and texture of foods, limiting its stability and shelf-life. Due to the possible toxicity of synthetic antioxidants and the current demand for healthier products, the use of natural antioxidants, such as grape seed and peel extract, is an alternative in the prevention of lipid oxidation in chicken meat, and allows the use of residues from wine and grape juice processing. Thus, the objective of this study was to evaluate grape pomace extracts (seeds and peels) of Isabel and Niagara varieties (*Vitis labrusca* L.) on the antioxidant activity in raw and cooked processed chicken meat. Four types of antioxidants were added to chicken meat: butylhydroxytoluene; commercial mixture of sodium erythorbate, citric acid and sugar; Isabel grape seed and peel extract; Niagara grape seed and peel extract; and the control, without antioxidant. The chicken meat was processed in the form of mini-burgers, vacuum packaged and stored under freezing (-18°C) for 9 months. The samples were characterized by determining the proximate composition. Every three months, the following analyses were carried out: pH, instrumental color, microbiological evaluation, lipid oxidation (value of thiobarbituric acid reactive substances - TBARS) and sensory analysis. No significant changes ( $p>0.05$ ) in proximate composition and pH values were observed for raw and cooked samples, in none of the treatments. Both grape pomace extracts showed effect on inhibiting lipid oxidation in raw and cooked chicken meat, with results comparable to synthetic antioxidants used. There was interference from grape pomace extracts in the color of cooked chicken meat. In the objective color analysis, Isabel and Niagara grape seed and peel extract treatments were darker, less red and with less intense yellow color, and in the subjective analysis, the scores for these treatments, for attribute color alteration, were significantly higher ( $p<0.05$ ) than the other treatments. The color of raw chicken meat was not affected by the addition of extracts. Through sensory evaluation, the Isabel grape pomace extract caused less change in taste and odour of chicken meat, with results similar to synthetic antioxidants. The results of microbiological analysis indicated that samples from all treatments were within the standards established by Brazilian legislation. The use of pomace from the wine industry (seeds and peels) as natural antioxidant, combined with the use of vacuum packaging and frozen storage, can be considered an effective method to retard lipid oxidation in processed chicken meat, both raw and cooked. However, further studies should be conducted in order to improve the compatibility of the extracts to the product, aiming to minimize its interference in the sensorial and organoleptic characteristics.

**Keywords:** Natural antioxidants; Lipid oxidation; Grape pomace; Chicken meat.



## 1 INTRODUÇÃO

A indústria avícola brasileira tem se desenvolvido consideravelmente nos últimos anos, sendo o país atualmente o maior exportador, o terceiro maior produtor e o quarto maior consumidor mundial de carne de frango (ESTADOS UNIDOS, 2010). Além disso, no Brasil, desde 2005, o consumo *per capita* de frango vem superando o consumo *per capita* de carne bovina, configurando uma cadeia produtiva bem sucedida não só no mercado interno, como no cenário mundial. Isto faz com que este setor procure por constante aprimoramento tecnológico e principalmente pela qualidade dos produtos finais.

Mediante a popularidade do consumo de frango, a transformação destas em produtos industrializados é de suma importância para a praticidade, variedade e balanceamento do cardápio. Nos últimos anos, especial atenção tem sido dada a alimentos que gastam menos tempo em sua preparação, de preço acessível, sabor agradável e de boa qualidade.

Entretanto, a carne de frango, especialmente seus produtos industrializados, apresentam sérios problemas de processamento e conservação. Lipídeos insaturados, fina moagem, incorporação de ar, pigmentos heme, contato com os metais e a elevação da temperatura durante o processamento contribuem para a oxidação lipídica (FIELD, 1988), a qual, em razão de sua concentração relativamente elevada de ácidos graxos insaturados, constitui um fator preocupante. Além disso, o desenvolvimento da rancidez oxidativa ocorre mesmo durante o armazenamento da carne de frango congelada, pois, enquanto as reações deteriorativas (microbiológicas e enzimáticas) podem ser inibidas com o emprego de baixas temperaturas, a oxidação lipídica ocorre normalmente, embora numa velocidade reduzida (GRAU et al., 2000; GOMES et al., 2003; MELTON, 1983).

Na tentativa de controlar este processo, as indústrias alimentícias fazem uso de aditivos sintéticos com propriedades antioxidantes, que atuam preservando e estendendo a vida-útil de alimentos que contêm lipídeos oxidáveis, através do retardo das reações de oxidação. Entretanto, aspectos toxicológicos dos antioxidantes têm sido uma das áreas de maior controvérsia nos debates sobre a segurança dos aditivos alimentares. Tendo em vista os indícios de problemas que podem ser provocados pelo seu consumo, pesquisas têm sido dirigidas no sentido de encontrar produtos naturais com atividade antioxidante, que possam atuar sozinhos ou sinergicamente com outros aditivos, como alternativa para prevenir a deterioração oxidativa de alimentos e limitar o uso dos antioxidantes sintéticos (SOARES, 2002).

A utilização de antioxidantes naturais para reduzir a oxidação não é um conceito novo e os estudos nessa área vêm desde meados de 1980, os quais incluem extratos vegetais, concentrados de suco de frutas, extratos de sementes, etc (RHEE et al., 1988). Dentre estes, podemos citar os resíduos da uva, como as sementes, que vêm sendo estudadas devido à sua elevada atividade antioxidante, decorrente da presença de compostos fenólicos (YEN; CHEN; PENG, 1997). Além disso, soma-se o fato de que o uso de extratos de sementes e cascas mostra-se economicamente e ambientalmente viável, uma vez que a matéria-prima são os subprodutos do processo de vinificação.

Assim, os objetivos deste trabalho foram:

- avaliar química e fisicamente a carne de frango processada crua e cozida, embalada a vácuo e congelada (-18°C), adicionada de extratos de semente e casca de uva de duas variedades de *Vitis labrusca* L. e compará-las com antioxidantes sintéticos;
- estudar a estabilidade oxidativa do produto cru e cozido, durante 9 meses de armazenamento congelado (-18°C).

## **2 DESENVOLVIMENTO**

### **2.1 Revisão bibliográfica**

#### **2.1.1 Composição lipídica da carne**

Os lipídios são biomoléculas que, juntamente com os carboidratos e as proteínas, formam o grupo de compostos mais importantes em alimentos (BOBBIO e BOBBIO, 1985). Eles desempenham um papel quanto à qualidade dos alimentos, particularmente em relação às propriedades sensoriais, como textura, suculência, sabor, aroma e cor, sendo estas as responsáveis pela aceitação do produto pelo consumidor (COSGROVE; CHURCH; PRYOR, 1987). Por outro lado, conferem valor nutritivo aos alimentos, constituindo uma fonte de energia metabólica, de ácidos graxos essenciais e de vitaminas lipossolúveis (ST ANGELO, 1996).

Em geral, as carnes são constituídas de 60 a 80% de água e 15 a 25% de proteína. O restante é composto principalmente por gorduras, sais minerais, pigmentos e vitaminas (BRAGAGNOLO, 2001). O conteúdo de lipídeos no músculo sofre variações de acordo com a idade, linhagem do animal, composição da dieta e ambiente ao qual o animal está exposto (VALSTA; TAPANAINEN; MANNISTO, 2005). Assim, produtos que contêm lipídeos, como as carnes, podem sofrer reações auto-oxidativas.

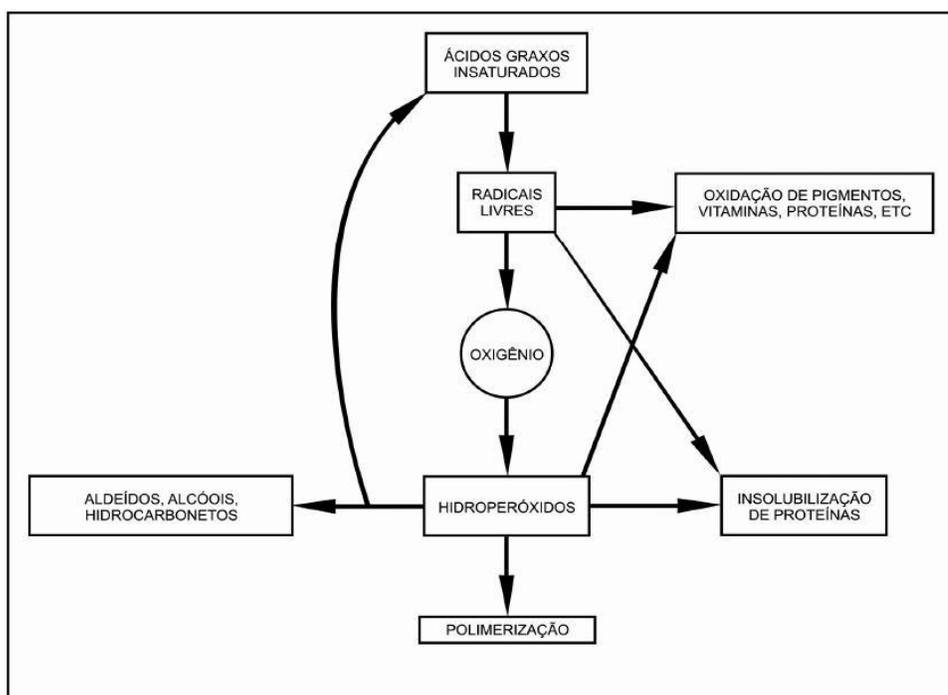
Os lipídeos encontrados na carne de frango são constituídos por ésteres de glicerol com ácidos graxos, onde predominam os triglicerídeos, podendo também apresentar pequenas quantidades de monoglicerídeos, diglicerídeos e ácidos graxos livres. Esses estão acumulados em quantidades microscópicas no interior de células musculares, geralmente localizados nos tecidos conectivos (COBOS et al., 1994).

Os ácidos graxos saturados e monoinsaturados são os constituintes mais importantes dos triglicerídeos da fração lipídica da carne. Os principais ácidos graxos saturados da carne são o palmítico (C16:0), o esteárico (C18:0) e o mirístico (C14:0). O ácido oléico (C18:1) é o monoinsaturado mais abundante, seguido do palmitoléico (C16:1). Os ácidos linoléico (C18:2), linolênico (C18:3) e araquidônico (C20:2) são os principais ácidos graxos polinsaturados (RHEE et al., 1988). A carne de frango, em comparação com a de outros animais, é relativamente abundante em ácidos graxos polinsaturados (VALSTA; TAPANAINEN; MANNISTO, 2005).

### 2.1.2 Oxidação lipídica

A oxidação é um processo extremamente importante no metabolismo normal dos animais, através do qual os nutrientes provenientes dos alimentos são oxidados com a finalidade de gerar calor, produzir energia para os processos metabólicos e transformar nutrientes em tecido corporal. Por outro lado, enquanto o oxigênio é essencial ao metabolismo, sua presença também é perigosa em função da possibilidade de ocorrência de reações de oxidação, um processo de difícil controle, que pode causar a destruição de componentes importantes dos alimentos, além de danos às estruturas celulares e aos tecidos animais. (ADAMS, 1999).

Existem compostos, como óleos e as gorduras presentes nos alimentos, que reagem espontaneamente com o oxigênio e sofrem deterioração durante o processo de oxidação. O processo de oxidação lipídica (Figura 1) é considerado um grande problema na tecnologia de alimentos, sendo após a deterioração microbiana, o principal processo pelo qual ocorre perda de qualidade das carnes e seus derivados, levando ao desenvolvimento de sabores e odores indesejáveis, descoloração, produção de substâncias potencialmente tóxicas como malonaldeídos e óxidos de colesterol e também perda do valor nutricional, decorrente da destruição de vitaminas e ácido graxos essenciais (GRAY; GOMAA; BUCKLEY, 1996).

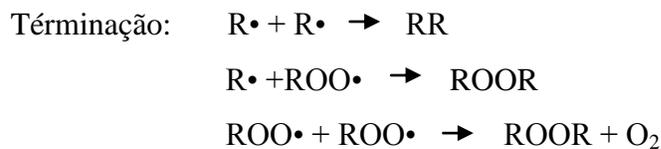
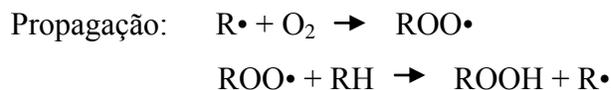


Fonte: Jadhav et. al (1996)

Figura 1 - Esquema geral da oxidação lipídica

Os fatores que influenciam na oxidação das matérias graxas são: a quantidade e disponibilidade de oxigênio presente, o grau de insaturação dos ácidos graxos, a presença de metais, enzimas, ativadores como luz e aporte energético em geral, sendo difícil avaliar o efeito de um fator específico no processo de oxidação, visto que agem simultaneamente (HAMILTON, 1994).

O processo de oxidação inicia-se na ligação carbono-hidrogênio adjacente à dupla ligação da cadeia de carbono, podendo ser catalisado por um grande número de fatores, especialmente ambientais (umidade, calor, luz e oxigênio), presença de metais (cobre, ferro e manganês), de enzimas e pigmentos (ADAMS, 1999). O processo autoxidativo pode ser explicado em três fases: iniciação, propagação e terminação, segundo modelo proposto por Farmer et al. (1942):



Onde: RH - Ácido graxo insaturado

R• - Radical Livre

ROO• - Radical peróxido

ROOH - Hidroperóxido

Nas fases de início e propagação, a presença de radicais livres, que são moléculas extremamente reativas, é decisiva (ADAMS, 1999). Essas formas reativas são normalmente produzidas durante o metabolismo do oxigênio nos tecidos e são chamadas de espécies reativas de oxigênio (ROS – *Reactive Oxygen Species*). Algumas delas são produzidas durante o metabolismo aeróbio das células vivas, como o radical superóxido ( $\text{O}_2^-$ ), que é formado pela adição de um elétron extra ao oxigênio molecular ( $\text{O}_2$ ), durante o processo de redução do

oxigênio na cadeia respiratória mitocondrial. Da mesma forma, os macrófagos, quando estimulados, produzem  $O_2^-$  e  $H_2O_2$  durante o processo normal de fagocitose (COMBS, 1998).

Mesmo apresentando pouca reatividade química, os compostos  $O_2^-$  e  $H_2O_2$ , quando expostos a determinados íons metálicos ( $Fe^{2+}$  e  $Cu^{2+}$ ), geram um radical livre altamente reativo, o radical hidroxila ( $HO\bullet$ ):



Os metais bivalentes podem também catalisar a reação de decomposição do  $H_2O_2$  ou do hidroperóxido (ROOH) já produzido pela oxidação lipídica, formando os radicais  $HO\bullet$  ou  $RO\bullet$ , respectivamente:



O radical hidroxila ( $HO\bullet$ ) é provavelmente o radical livre mais importante para a iniciação do processo de oxidação nos tecidos animais, uma vez que ele pode rapidamente remover um átomo de hidrogênio do ácido graxo insaturado (ADAMS, 1999). Os principais alvos do radical hidroxila ( $HO\bullet$ ) são os lipídeos, especialmente os ácidos graxos insaturados da membrana celular, as proteínas e o DNA (COMBS, 1998).

Os ácidos graxos insaturados da membrana celular são muito suscetíveis aos radicais livres ( $HO\bullet$  ou  $RO\bullet$ ) devido a sua estrutura química, que permite a retirada de um átomo de hidrogênio de um dos grupos  $-CH_2-$  da cadeia carbônica e a conseqüente formação de um radical livre de carbono ( $-CH\bullet$ ), iniciando, assim, o processo de peroxidação lipídica. Estes radicais de carbono, que são instáveis e suscetíveis ao oxigênio molecular ( $O_2$ ), reestruturam-se rapidamente na forma de dienos conjugados, dando origem ao radical peroxila ( $ROO\bullet$ ). Segundo o modelo proposto por Farmer et al. (1942), este radical tem a capacidade de retirar um átomo de hidrogênio de outro ácido graxo insaturado intacto, propagando a reação em cadeia até que todo o ácido graxo insaturado da membrana seja completamente oxidado a hidroperóxido (ROOH).

Os hidroperóxidos são degradados na presença de metais como  $Cu^{2+}$  e  $Fe^{2+}$  em estado livre (íons) ou ligados a proteínas (ex.: mioglobinas), liberando radicais que dão sequência à

cadeia de reações de oxidação e outros produtos de clivagem (ex.: malonaldeídos). Acredita-se que esta degradação oxidativa dos ácidos graxos instaurados da membrana fosfolipídica leva a mudanças físico-químicas que resultam em disfunções da membrana celular (COMBS, 1998).

A autooxidação termina quando todo o oxigênio estiver esgotado ou houver formação de compostos inativos, onde dois radicais combinam-se com produtos estáveis (produtos secundários da oxidação) obtidos por cisão e rearranjo dos peróxidos (epóxidos, compostos voláteis e não voláteis) (BERGER; HAMILTON, 1995; SILVA; BORGES; FERREIRA, 1999). Isto caracteriza a terceira e última etapa do processo de oxidação, denominado “terminação”. Estes compostos conferem ao alimento sabor e odores desagradáveis, característicos do ranço oxidativo.

#### **2.1.2.1 Oxidação Lipídica em carnes**

A suscetibilidade da carne à oxidação tem sido estudada por vários pesquisadores (GRAU et al, 2001; GRAY; GOMAA; BUCKLEY, 1996; MIELCHE; BERTELSEN, 1994) com a finalidade de buscar soluções para amenizar este problema. É uma das principais reações deteriorativas que ocorrem durante o processamento, cocção, fritura, distribuição, armazenamento e preparo final dos alimentos, provocando a formação de compostos poliméricos perigosos ao ser humano (ARUOMA, 1994; FRANKEL, 1980; NAWAR, 1985; SILVA; BORGES; FERREIRA, 1999). A oxidação lipídica é reconhecida como a maior causa de deterioração de produtos cárneos processados ou pré-cozidos (MIELCHE; BERTELSEN, 1994).

A oxidação lipídica em carnes começa a se desenvolver antes da morte do animal e procede aumentando na etapa pós-abate e durante o processamento do produto cárneo até este se tornar inaceitável para o consumo.

De forma geral, a oxidação lipídica em carnes ocorre em três fases. A primeira fase ocorre na etapa *ante-mortem*, nas membranas celulares, as quais são ricas em ácidos graxos polinsaturados (CHIZZOLINI; NOVELLI; ZANARDI, 1998). Embora as células animais possuam mecanismos de defesa antioxidante natural, estas podem continuamente sofrer ação de agentes estressores oriundos de fontes internas e externas. Muitos destes podem atuar como aceleradores das reações de peroxidação, com formação de radicais livres (BERGMAN et al., 2001; HALLIWELL, 1996; SOARES, 2002).

A segunda fase da oxidação lipídica ocorre imediatamente no momento pré-abate e, posteriormente na etapa pós-abate, quando da instalação do *rigor mortis* (MORRISSEY et al., 1998). As mudanças bioquímicas que acompanham a conversão do músculo em carne oferecem condições favoráveis à oxidação lipídica. Logo após a morte do animal, devido à falta da corrente sanguínea e à conseqüente falha no aporte do sistema antioxidante natural, inicia-se o processo de peroxidação autocatalítica. O grau e a extensão desse processo são influenciados pelos eventos pré-abate, tais como a alimentação e o estresse, bem como por eventos pós-abate (OLIVO, 2006).

As transformações pós-abate que predisõem a carne à oxidação são: cessamento da circulação sanguínea, devido ao atordoamento e sangria; o metabolismo anaeróbico, que promove um acúmulo de ácido láctico, com declínio do pH (~5,5); o cessamento rápido da circulação de nutrientes; o comprometimento das funções do sistema preventivo de enzimas antioxidantes (superóxido dismutase, catalase glutiona peroxidase, glutiona redutase); inativação das proteínas seqüestrantes de ferro; a perda da capacidade do retículo sarcoplasmático em acumular cálcio; a ação do ferro, catalisando reações em cadeia; e a iniciação da oxidação lipídica das membranas (MORRISSEY et al., 1998). O grau de oxidação nesta fase estará diretamente ligado ao grau de injúria ocorrido durante a vida do animal. Assim, animais debilitados fisiologicamente apresentarão carnes de qualidade inferior, sujeitas à deterioração mais rápida.

A terceira fase, a mais significativa da oxidação, ocorre durante a desossa, processamento, cozimento, estocagem e exposição. O rompimento da integridade das membranas musculares pela desossa mecânica, moagem, reestruturação ou cozimento, alteram os compartimentos celulares, com a liberação do ferro cataliticamente ativo da mioglobina e de outras proteínas. A interação deste e de outros agentes pró-oxidantes com os ácidos graxos insaturados resulta na geração de radicais livres e na propagação das reações oxidativas. A exposição das matérias-primas ou produtos a temperaturas sem controle, a presença de oxigênio e a incidência demasiada de luz colaboram substancialmente para estas reações. Assim, produtos reestruturados e cozidos apresentam grande suscetibilidade oxidativa (OLIVO, 2006).

### **2.1.3 Fatores que afetam a oxidação lipídica em carnes e produtos cárneos**

### 2.1.3.1 Composição de ácidos graxos

A natureza, proporção e grau de ácidos graxos insaturados presentes nos alimentos irão indicar a suscetibilidade do produto à deterioração oxidativa (DAWSON; GARTNER, 1983). Isto porque a rancificação oxidativa não ocorre normalmente em ácidos graxos saturados, uma vez que a formação de um radical livre é energeticamente desfavorável. Somente sob condições drásticas de temperatura, por ruptura homolítica da ligação C-H de uma cadeia carbônica saturada, poderia ocorrer a formação do radical livre, o que exigiria aproximadamente 100 kcal/mol de energia. Entretanto, a presença de duplas ligações na cadeia carbônica dos ácidos graxos insaturados, reduz a energia necessária para a ruptura homolítica das ligações C-H na posição alílica para aproximadamente 60 kcal/mol, viabilizando sua oxidação (BOBBIO; BOBBIO, 2001). Assim, quanto mais alta a proporção e grau de ácidos graxos insaturados, mais suscetível se torna o alimento à oxidação

### 2.1.3.2 Temperatura

Assim como em todas as reações químicas, o aumento da temperatura também aumenta a taxa de autooxidação, afetando a cadeia de formação de hidroperóxidos e sua decomposição. A cada 15°C de aumento da temperatura, a velocidade de reação dobra. Isso se explica pelo fato de que um aumento inicial de temperatura acelera dois fatores: as reações de propagação em cadeia e a decomposição dos peróxidos, resultando em aumento na concentração de radicais livres disponíveis para o início e a disseminação das cadeias de reação (REGITANO-D'ARCE, 2006). Manter o produto a baixas temperaturas, como as de refrigeração e congelamento, não irão impedir a oxidação lipídica, entretanto permitirão que esta ocorra numa velocidade reduzida. Dessa forma, o uso de baixas temperaturas no armazenamento de carnes mostra-se necessário, não só para evitar a deterioração microbiológica, mas também para retardar a deterioração oxidativa.

O processo de cozimento leva ao aumento significativo na oxidação lipídica de carnes e ao desenvolvimento do *warmed-over flavour* de carnes cozidas (TIMS; WATTS, 1958). A aceleração da oxidação lipídica, depois do cozimento, é atribuída às modificações induzidas pelo calor em componentes do músculo, inclusive a perturbação do compartimento celular e a exposição dos lipídios das membranas a um ambiente pró-oxidativo, ativação termal ou liberação

do ferro livre catalítico da mioglobina (KRISTENSEN; ANDERSEN, 1997; MONAHAN, 2000; SCHRICKER; MILLER, 1983) e a inativação térmica das enzimas antioxidantes (LEE; MEI; DECKER, 1996).

### **2.1.3.3 Oxigênio**

A presença de oxigênio é fator fundamental para que ocorra o processo de oxidação lipídica. O emprego de embalagens a vácuo, sachês absorvedores de oxigênio, atmosfera inerte (nitrogênio) e materiais com baixa permeabilidade ao oxigênio são alternativas recomendáveis para aumentar a vida útil dos alimentos (REGITANO-D'ARCE, 2006).

A embalagem influencia na qualidade e durabilidade de carnes, pois altera o ambiente ao redor do produto, criando condições que retardem as reações de deterioração. A embalagem previne a evaporação da umidade do produto, evitando perdas de peso e alterações de aparência, textura e aroma. Contudo, a maior alteração no ambiente que circula o produto, provocada pela embalagem, é quanto à composição gasosa. Esta atmosfera irá determinar a cor do produto, o tipo e a extensão da deterioração microbiológica e a velocidade de oxidação dos seus componentes (SARANTÓPOULOS, 1991).

Em carnes cozidas, a eliminação de oxigênio das embalagens de armazenamento é um fator crítico para minimizar a oxidação (BREWER; IKINS; HARBERS, 1992; NOLAN; BOWERS; KROPF, 1989) e tanto a embalagem a vácuo quanto a embalagem com atmosfera modificada são comumente usadas para diminuir a presença desse oxigênio (AHN et al., 1992; KINGSTON et al., 1998).

### **2.1.3.4 Luz**

A luz acelera o desenvolvimento do ranço em gorduras. A luz ultravioleta e a luz visível de onda curta são as mais prejudiciais. Provavelmente favorecem a fotólise dos peróxidos em radicais livres e a decomposição de outros compostos. Radiações ionizantes também são potentes aceleradores da oxidação de gorduras, formando radicais livres a partir do substrato. A luz ultravioleta acelera as reações e os ácidos graxos polinsaturados auto-oxidados formam sistemas conjugados insaturados que absorvem sua energia, acelerando a quebra dos peróxidos (REGITANO-D'ARCE, 2006).

### 2.1.3.5 Processamento

Durante o processamento, muitos produtos cárneos sofrem algum grau de modificação física. Nos produtos cárneos emulsionados, moídos ou reestruturados, os graus se diferenciam pelo efeito da destruição da estrutura do músculo e exposição dos lipídeos a um ambiente pró-oxidante (MONAHAN, 2000). Além disso, essas alterações nos compartimentos celulares também resultam na liberação de ferro. Esses e outros agentes pró-oxidantes passam a interagir com compostos de baixo peso molecular como aminoácidos, nucleotídeos e fosfatos, com os quais formam quelatos responsáveis pela catálise da oxidação lipídica *in vivo* (MORRISSEY et al., 1998).

### 2.1.4 Principais consequências do processo oxidativo em carnes

A oxidação é uma das maiores causas de danos químicos, resultando em rancificação e deterioração de qualidade nutricional, mudanças nos padrões de qualidade como estabilidade da cor, odor, sabor (*off-flavour*) e segurança dos alimentos (SHAHIDI; JANITHA; WANANSUDARA, 1992).

#### 2.1.4.1 *Flavour*

Os peróxidos, produtos primários da oxidação lipídica, são incolores, inodoros e insípidos (PAQUETTE; KUPRANYCZ; VAN DE VOORT, 1985), mas sua decomposição leva a uma mistura complexa de compostos voláteis, com odores e *flavours* característicos (MOTTRAM, 1987). Destes, os compostos como aldeídos, hidrocarbonetos, álcoois, cetonas, ácidos, ésteres entre outros, são os principais responsáveis pela perda do *flavour* desejável em carnes (CAMPO et al., 2006; GRAY; PERSON, 1987). Problemas de *flavour* associados com a oxidação lipídica são pronunciados em carnes cozidas, principalmente se a carne é reaquecida (LYON; ANG, 1990).

Com a maior exigência dos consumidores por conveniência, esses tipos de produtos cozidos ou pré-cozidos, expõem os mesmos a sabores desagradáveis (LYON; ANG, 1990). Contudo, há muito interesse em analisar quimicamente e sensorialmente esses *off-flavours* em carnes cozidas (LOVE, 1988; LYON, 1987) e tentar minimizar o desenvolvimento dos mesmos (AHN et al., 1992; KINGSTON, et al., 1998).

O termo *warmed-over flavour* (WOF) foi introduzido por Tims e Watts (1958) para descrever o ataque rápido de rancificação em carne cozida durante o armazenamento refrigerado (ST. ANGELO et al., 1988). Os sabores oxidados são prontamente detectáveis depois de 48 horas, em contraste com o ranço, que se desenvolve mais lentamente, e fica evidente somente depois de prolongado armazenamento sobre congelamento (PEARSON et al., 1983).

Segundo St. Angelo et al. (1987) é importante considerar que este *off-flavour* se desenvolve em carnes pré-cozidas no reaquecimento. O perfil de aroma de WOF característico e o perfil de aroma relacionado à oxidação lipídica na carne crua são diferentes, mas os compostos que implicam no sabor são qualitativamente os mesmos, porém ocorrem em concentrações diferentes.

#### **2.1.4.2 Cor**

A cor da carne é o mais importante atributo de qualidade que influencia na aceitabilidade de produtos cárneos pelo consumidor (MANCINI; HUNT, 2005).

A oxidação lipídica promove a modificação da cor de carnes, pela transformação do pigmento oximioglobina, de coloração vermelho brilhante, em metamioglobina, tornando a carne marron-acinzentada (KANNER, 1994). A oxidação do pigmento pode catalisar a oxidação lipídica, assim como, os radicais livres produzidos durante esse processo podem oxidar o átomo de ferro ou desnaturar a molécula de mioglobina, alterando a cor do produto cárneo (JAKOBSEN; BERTELSEN, 2000; LOVE, 1983; LYNCH; FAUSTMAN, 2000).

#### **2.1.4.3 Valor Nutritivo**

São diversas as conseqüências nutricionais da oxidação lipídica (KANNER, 1994): destruição parcial dos ácidos graxos insaturados essenciais linoléico e linolênico; destruição parcial de outros lipídeos insaturados como as vitaminas A, carotenóides e tocoferóis; destruição parcial da vitamina C (co-oxidação), formação de produtos secundários da oxidação lipídica (malonaldeído e outros compostos) e compostos de Maillard, capazes de reagir com biomoléculas (especialmente proteínas), diminuindo a absorção destas; irritação da mucosa intestinal por peróxidos, que provoca diarreia e diminui a capacidade de absorção; formação de lipídeos oxidados que são antagonistas a diversos nutrientes como tiamina, pantotenato de cálcio,

riboflavina, ácido ascórbico, vitamina B<sub>12</sub>, tocoferóis, vitamina A, proteínas, lisina e aminoácidos essenciais.

#### **2.1.4.4 Segurança dos alimentos**

As reações de oxidação de gorduras no organismo têm sido associadas a diversos estados patológicos e doenças (KEHRER, 1993). Por outro lado, a ingestão de alimentos que contém produtos da oxidação lipídica também representa risco toxicológico crônico ao ser humano (KUBOW, 1992).

Existem estudos indicando as implicações patológicas do consumo de alimentos oxidados. Segundo Kubow (1992) a ingestão de óleos oxidados que contém hidroperóxidos e aldeídos provoca degeneração hepática e renal e distúrbios nos níveis séricos de diversas enzimas. Estes aldeídos, especialmente o malonaldeído, são capazes de combinar-se com as mais diversas moléculas dentro do organismo, provocando modificações de proteínas, lipídeos, carboidratos e outras reações que resultam na lesão do material genético e mutações. Além de todos estes efeitos, o malonaldeído também está relacionado à gênese das alterações ateroscleróticas (LI; CHOW, 1994). Assim como os ácidos graxos, o colesterol também sofre oxidação lipídica, levando a formação de óxidos de colesterol, que estão relacionados com a formação da aterosclerose, além de serem mutagênicos e cancerígenos (PEARSON et al. 1983; KUBOW, 1993).

#### **2.1.5 Antioxidantes**

O uso de antioxidantes nos alimentos teve início em meados de 1940, quando algumas substâncias naturais, provenientes da casca de árvores, utilizadas por tribos americanas e indianas, mostraram-se úteis na conservação de gorduras animais e vegetais. Posteriormente, descobriu-se que a efetividade destes compostos estava relacionada ao seu teor de constituintes fenólicos (COULTER, 1988).

Os antioxidantes, segundo a FDA (*Food and Drug Administration*), são substâncias utilizadas para preservar e estender a vida-útil de alimentos que possuem lipídeos oxidáveis, retardando as reações de oxidação. São compostos presentes em pequenas quantidades e capazes de prevenir ou retardar a oxidação de óleos e gorduras (POKORNY, 1991).

De acordo com Rafecas et al. (1998), para ser empregado em alimentos, o antioxidante deve ser efetivo em baixa concentração (0,01% ou menos), atendendo aos seguintes requisitos: ser compatível com o substrato; não conferir odor ou sabor estranho ao produto; ser efetivo durante o período de estocagem do produto; ser estável ao processo de aquecimento e ser facilmente incorporado ao alimento. Além desses fatores, devem-se considerar também a legislação vigente, custo e preferência do consumidor por antioxidantes naturais.

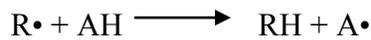
Os antioxidantes sintéticos mais comumente usados são BHA (Butilhidroxianisol), BHT (Butilhidroxitolueno), TBHQ (terc-butil-hidroquinona) e PG (propil galato). Várias regulamentações existem em diferentes países para o controle da quantidade destes antioxidantes em alimentos. Porém, há restrições para o uso dos mesmos, pois há suspeitas de serem carcinogênicos (MADVHAVI; SALUNKHE, 1995).

Atualmente, a utilização de antioxidantes em produtos alimentícios é controlada pela legislação dos países ou padrões internacionais. Deste modo, apenas alguns compostos reconhecidos como seguros pelas organizações internacionais como a *Food and Agriculture Organization* (FAO), *Joint Expert Committee on Food Additives* (JECFA) e a *World Health Organization* (WHO) são permitidos para o uso em alimentos (SOARES, 2002). No Brasil, o uso destes antioxidantes é controlado pelo Ministério da Saúde, que limita a quantidade de 0,01g/100g de carne/produtos cárneos para BHA, BHT e PG (BRASIL, 1998).

### **2.1.5.1 Mecanismo de ação dos antioxidantes**

Os antioxidantes podem agir nas membranas das células e/ou alimentos por: (1) seqüestro de radicais livres; (2) inativação de íons metálicos; (3) remoção de espécies reativas ao oxigênio; (4) seqüestro do oxigênio *singlete*; (5) destruição de peróxidos, prevenindo formação radicais; (6) removendo oxigênio e/ou diminuindo a concentração do oxigênio local (DZIEZAK, 1986; LABUZA et al., 1971). Segundo Moreira e Mancini Filho (2004), os antioxidantes podem ser divididos em duas classes: com atividade enzimática e sem essa atividade. Na primeira, estão os compostos capazes de bloquear a iniciação, ou seja, as enzimas que removem as espécies reativas ao oxigênio. Na segunda classe estão as moléculas que interagem com as espécies radicalares e são consumidas durante a reação. Esta classificação inclui os antioxidantes naturais e sintéticos como os compostos fenólicos.

O sistema de defesa antioxidante do organismo compreende uma gama variada de substâncias que atuam em diferentes níveis. O sistema primário constitui uma primeira linha de defesa formada por substâncias que impedem a geração de espécies reativas ou que agem na neutralização das mesmas, através da doação de átomos de hidrogênio a estas moléculas, (SIMIC; JOVANOVIC, 1994), de forma a impedir sua integração com alvos celulares, bloqueando a etapa de iniciação da cadeia radicalar. Este mecanismo de ação, elucidado por Frankel (1980), está representado a seguir:



Em que: ROO• e R• - radicais livres

AH – antioxidante com um átomo de hidrogênio ativo

A• - radical inerte.

O átomo de hidrogênio ativo do antioxidante é abstraído pelos radicais livres R• e ROO• com maior facilidade que os hidrogênios alílicos das moléculas insaturadas. Assim formam-se espécies inativas para a reação em cadeia e um radical inerte (A•) procedente do antioxidante. Este radical, estabilizado por ressonância, não tem a capacidade de iniciar ou propagar as reações oxidativas (RAMALHO; JORGE, 2006).

Nesse grupo encontram-se enzimas antioxidantes, quelantes e proteínas como a transferrina e a ceruplasmina, que transportam, respectivamente, o ferro e o cobre, impedindo que esse metais sejam liberados e catalisem a formações de espécies oxidantes e substâncias não enzimáticas como o ascorbato, albumina e carotenóides que seqüestram radicais superóxido e hidroxila ou suprimem o oxigênio singlete, respectivamente (DORMAN et al., 2003).

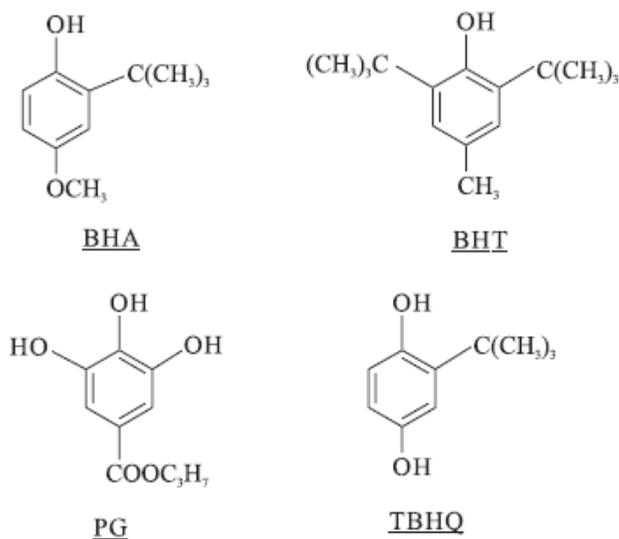
O sistema de defesa secundário é formado por compostos que atuam bloqueando a etapa de propagação da cadeia radicalar, seqüestrando radicais intermediários (peroxila ou alcoxila). Esses antioxidantes geralmente são compostos fenólicos ou aminas aromáticas, entre eles o  $\alpha$ -tocoferol, flavonóides e vários antioxidantes sintéticos (DORMAN et al., 2003).

Além disso, pode haver sinergismo entre substâncias com diferentes modos de ação, onde espera-se efeitos adicionais de cada antioxidante individualmente, para que os sistemas de antioxidantes compostos exponham atividade muito maior (SCHULER, 1990). Os antioxidantes sinergistas geralmente estendem a vida de antioxidantes primários, atuando como doadores de hidrogênio aos seus radicais. Por meio disso, regeneram estes antioxidantes ou inativam íons metálicos (JADHAV et. al, 1996).

### 2.1.5.2 Antioxidantes sintéticos

BHA, BHT, PG e TBHQ são os antioxidantes sintéticos mais utilizados na indústria de alimentos (RAMALHO; JORGE, 2006).

A estrutura fenólica destes compostos (Figura 2) permite a doação de um próton a um radical livre, regenerando, assim, a molécula do acilglicerol e interrompendo o mecanismo de oxidação por radicais livres. Estes radicais podem estabilizar-se sem promover ou propagar reações de oxidação (BUCK, 1981).



Fonte: Ramalho e Jorge (2006)

Figura 2 - Estrutura fenólica dos antioxidantes sintéticos

Os antioxidantes sintéticos BHA, BHT, TBHQ e PG são utilizados para reduzir a extensão da fase de propagação da reação de oxidação. Entretanto, apresentam o inconveniente

de serem voláteis e facilmente decompostos em altas temperaturas (MARTINEZ-TOME et. al, 2001).

No entanto, em se tratando de antioxidantes sintéticos, as pesquisas intensificaram-se, descobrindo-se que estes compostos apresentam um possível potencial tóxico, documentado em inúmeros ensaios *in vivo*, o que corroborou para a restrição da sua utilização em diversos países e para a crescente oposição dos consumidores ao emprego destas substâncias (BANNWART; TOLEDO, 1999; CONACHER et al., 1986; DURAN; PADILHA, 1993; ITO et al., 1986; VERHAGEN et al., 1989; WITSCHI, 1986)

Tendo em vista os indícios de problemas que podem ser provocados pelo seu consumo, pesquisas têm sido dirigidas no sentido de encontrar produtos naturais com atividade antioxidante, que possam atuar sozinhos ou sinergicamente com outros aditivos, como alternativa para prevenir a deterioração oxidativa de alimentos e limitar o uso dos antioxidantes sintéticos (SOARES, 2002).

### **2.1.5.3 Antioxidantes naturais**

O uso de antioxidantes naturais para reduzir a oxidação não é um conceito novo e os estudos nessa área vêm desde meados de 1980 (RHEE et al., 1988). Estas pesquisas têm se dirigido para encontrar produtos naturais com atividade antioxidante, os quais permitirão substituir os sintéticos ou fazer associações entre eles, com o intuito de diminuir sua quantidade nos alimentos.

Os vegetais são fontes ricas em antioxidantes naturais como tocoferóis, vitamina C, carotenóides e compostos fenólicos. A maioria destes compostos possui uma base molecular semelhante, ou seja, pelo menos um anel aromático e um grupo hidroxila, incluindo os ácidos fenólicos, flavonóides e isoflavonas, ésteres de galato, ligninas, coumarinas, estilbenos, flavononas e protoantocianidinas oligoméricas. Juntos, estes compostos produzem um arranjo de antioxidantes que podem agir por diferentes mecanismos para conferir um sistema de defesa efetivo contra o ataque dos radicais livres (SHAHIDI, 1997).

Os compostos fenólicos englobam desde moléculas simples até outras com alto grau de polimerização (BRAVO, 1998). Como antioxidantes, o compostos fenólicos atuam como seqüestradores de radicais e algumas vezes como quelantes de metais (SHAHIDI; JANITHA; WANASUNDARA, 1992), agindo tanto na etapa de iniciação como na propagação do processo

oxidativo. Os produtos intermediários, formados pela ação destes antioxidantes, são relativamente estáveis devido à ressonância do anel aromático dessas substâncias (NAWAR, 1985).

O uso de antioxidantes naturais em produtos cárneos tem sido objeto de estudo em diversas matérias-primas, como: carne de frango, carne bovina, carne suína, carne de peru, pescado, entre outras, utilizando matrizes variadas, tais como sistemas modelo, hambúrgueres, almôndegas, reestruturados, embutidos e cortes marinados. Uma variedade de substâncias tem sido estudadas, as quais incluem aloe vera, ginseng, mostarda, sálvia (McCARTHY et al., 2001), raiz forte (DELAQUIS et al., 1999), orégano (GOVARIS et al., 2004), pimenta preta (TIPSRISUKOND; FERNANDO; CLARKE, 1998), chá verde, café (NISSEN et al., 2004), catequinas do chá, vitamina C (MITSUMOTO et al., 2005), laranja, limão, alecrim (FERNANDEZ-LOPEZ et al., 2005), extrato de romã (NAVEENA et al., 2008), extrato de semente de uva (MIELNIK et al., 2006; BRANNAN; MAH, 2007; ROJAS; BREWER, 2007; 2008; BRANNAN, 2009; SHIRAHIGUE, 2008; SASSE; COLINDRES; BREWER, 2009).

### **2.1.6 Resíduos da indústria vinícola**

Em 2008, a produção mundial de uva chegou a quase 68 milhões de toneladas, sendo considerada a fruta de maior produção mundial. Em relação à produção mundial de vinho, esta foi de aproximadamente 27,3 milhões de toneladas, sendo que o Brasil situa-se dentre os vinte maiores produtores (FAO, 2010).

Do volume total de uva produzida em 2008 no mundo, 40% foram destinados à elaboração de vinhos, gerando resíduos. O processo de fabricação de vinho gera uma quantidade estimada de resíduo sólido de 20% do peso inicial (GOMEZ-PLAZA; MINANO, LÓPEZ-ROCA, 2006). Estes materiais contêm resíduos biodegradáveis e sua eliminação cria sérios problemas ambientais. As quantidades de resíduos gerados durante o processamento podem ser significativamente reduzidas, através da utilização de métodos novos ou modificados, ou através de tratamento e reutilização (MAKRIS; BOSKOU; ANDRIKOPOULOS, 2007).

O resíduo da indústria vinícola, que consiste do bagaço, é composto principalmente por subprodutos sólidos, como o engace, a semente e a casca. Os compostos presentes na uva, como resveratrol, ácido linoléico, ácido palmítico, entre outros, permanecem no bagaço em maior ou menor quantidades, dependendo do processo de fabricação do vinho (CAMPOS, 2005).

A semente de uva é composta por aproximadamente 40% de fibra, 16% de óleo, 11% de proteínas, 7% de compostos fenólicos complexos (taninos), açúcares, sais minerais. Ela é rica em óleo essencial, o qual possui um alto valor agregado, sendo utilizado nas indústrias químicas, farmacêuticas e de cosméticos. A casca da uva é fonte de antocianidinas e antocianinas, que são corantes naturais e possuem propriedades antioxidantes, são inibidoras de lipoperoxidação e também apresentam atividades antimutagênicas. O engace, por sua vez é rico em compostos tânicos, os quais apresentam alto potencial nutracêutico e farmacológico (MURGA et. al, 2000).

Hoje, grande parte dos bagaços produzidos pelas vinícolas é desperdiçado. Entretanto, sabendo-se da quantidade considerável de componentes bioativos presentes neste resíduo industrial, um destino mais nobre pode ser dado a ele, através da extração das substâncias bioativas, de importância para as indústrias farmacêuticas, químicas e de alimentos. Especificamente na indústria de alimentos, estas substâncias têm potencial para serem utilizadas como antioxidantes naturais, o que permitiria levar ao consumidor um produto mais natural, além de reduzir no impacto ao meio ambiente, diminuir as perdas e agregar valor ao resíduo.

Assim, estudos vêm sendo conduzidos no sentido de caracterizar quimicamente o bagaço de uva, bem como avaliar sua viabilização como antioxidante natural em alimentos. Em estudo preliminar desta pesquisa, Shirahigue (2008) avaliou extratos de bagaço (semente e casca) das variedades de uvas Isabel e Niágara e verificou que os mesmos apresentaram elevada atividade antioxidante *in vitro* e, quando adicionados em carne de frango, apresentaram resultados satisfatórios quanto à estabilidade oxidativa.

Dentre outros trabalhos que estudaram o extrato de bagaço de uva como antioxidante natural, podemos citar as pesquisas de Mielnik et al. (2006) em carne de peru, Ahn, Grun e Mustapha (2007), Bañón et al. (2007), Brannan e Mah, (2007), Rojas e Brewer (2007, 2008) em carne bovina, Carpenter et al. (2007), Brannan e Mah, (2007), Rojas e Brewer (2007, 2008), Shan et al. (2009), Sasse, Colindres e Brewer (2009) em carne suína e Rababah et al. (2006), Brannan (2009) em carne de frango.

### **2.1.7 Embalagem**

O processo autocatalítico de peroxidação lipídica nos sistemas biológicos só pode ser interrompido pela ação dos antioxidantes e por embalagens protetoras. Segundo Gray; Gomma e Buckley (1996) têm sido aplicadas diferentes tecnologias de processamento e armazenamento

para aumentar o tempo de vida útil dos produtos, como embalagem a vácuo, atmosfera modificada, entre outras, as quais tem se mostrado efetivas no retardo da oxidação. Em relação às embalagens protetoras, é imprescindível que tenham boa resistência mecânica, flexibilidade e elasticidade a baixas e altas temperaturas para evitar rasgos e perfurações durante o tempo de cocção ou estocagem, impedindo a entrada de oxigênio e conseqüente oxidação de gorduras e pigmentos das carnes (SARANTÓPOULOS; OLIVEIRA; CANAVESI, 2001). No processo de embalagem a vácuo, o produto é colocado em uma embalagem com baixa permeabilidade ao oxigênio, o ar é evacuado e a embalagem lacrada. A atmosfera gasosa da embalagem a vácuo é baixa situa-se entre 2 a 5% de oxigênio (SILLIKER; WOLFE, 1980).

### **2.1.8 Congelamento**

O mercado de alimentos congelados apresenta um grande potencial de crescimento no Brasil, devido ao baixo consumo se comparado ao dos Estados Unidos e de países europeus (SARANTÓPOULOS; OLIVEIRA; CANAVESI, 2001).

O congelamento é, indiscutivelmente, um dos melhores métodos de conservação de alimentos. Adequadamente conduzido, inibe a deterioração microbiológica, reduz a velocidade de reações químicas, como a atividade enzimática e a oxidação de gorduras, ao mesmo tempo em que retêm sabor, aroma, a cor e o valor nutritivo dos alimentos, e pouco altera a textura dos produtos após o descongelamento. Consiste em reduzir a temperatura do alimento (geralmente a -18°C), com a conseqüente cristalização de uma parte da água e alguns solutos. Durante o processo de descongelamento, a água da solução é transferida para os cristais de gelo, o que resulta na concentração de quase todos os constituintes não aquosos em uma quantidade muito pequena de água não congelada (ROBERTSON, 1992).

O congelamento é um meio para prolongar a vida útil de carnes e derivados, pois à medida que a temperatura é reduzida, as reações físicas, químicas e bioquímicas, que acarretam alterações sensoriais nestes produtos, passam a ocorrer em baixa velocidade, apesar de não serem completamente paralisadas mesmo quando o alimento é armazenado a -30°C (PAINE; PAINE, 1983).

Algumas enzimas perdem progressivamente sua atividade durante a conservação sob congelamento, mas a maioria delas não são inativadas, e as que necessitam de menor energia de

ativação permanecem ativas nos tecidos animais congelados (FENNEMA, 1992), como as lipases e fosfolipases.

As lipases são responsáveis pela liberação de ácidos graxos não esterificados. As rupturas de membranas celulares ocasionadas pela formação de cristais de gelo favorecem o contato destas enzimas com seu substrato. A quantidade de ácidos graxos livres aumenta, portanto durante os ciclos de congelamento/descongelamento, mas também durante o armazenamento da carne congelada. Estas hidrólises são mais rápidas no início da conservação (HERNANDÉZ; NAVARRO; TOLDRÁ, 1999).

A alteração do *flavour* da carne durante a conservação sob congelamento é, portanto, resultado da continuidade de reações químicas e enzimáticas na carne congelada. Estas reações conduzem à aparição de produtos da degradação, em particular os procedentes da oxidação dos lipídeos, em concentrações superiores a detecção sensorial e a uma diminuição proporcional de outros compostos precursores do *flavour* (açúcares redutores, aminoácidos, peptídeos e nucleotídeos). A desnaturação progressiva pela ação do frio e a diminuição da capacidade de retenção de água podem também modificar a retenção dos compostos voláteis e contribuir na alteração da percepção do *flavour* (GENOT, 2000).

A deterioração do sabor devido à oxidação das gorduras é um fator limitante da vida útil de carnes e produtos cárneos congelados. As carnes de suínos e aves rancificam mais rapidamente que a bovina, uma vez que apresentam maior porcentagem de gorduras, além de serem mais insaturadas (OLIVO; SHIMOKOMAKI, 2001).



### **3 MATERIAL E MÉTODOS**

#### **3.1 Preparo dos extratos de uva**

Para a obtenção dos extratos, foram utilizados resíduos (semente e casca) de uvas da espécie *Vitis labrusca* L., das variedades Niágara (uva branca) e Isabel (uva tinta). Os resíduos, obtidos na cantina Coopervil, localizada na cidade de Videira - SC, foram colhidos, depositados em sacos plásticos e transportados no mesmo dia até a Usina Piloto da Universidade do Oeste de Santa Catarina (UNOESC)/Campus Videira. Os bagaços (15 quilos de cada variedade) com aproximadamente 70% de umidade foram espalhados em camadas de 0,5 a 0,8 cm de altura sobre formas de alumínio, desidratados através da secagem em estufa com circulação forçada de ar a 40°C por 24 horas. A seguir foram moídos em moinho de disco até uma granulometria inferior a 0,5 mm. O bagaço seco e moído foi acondicionado em sacos de polietileno, em amostras de um quilo, e estocados em freezer, à temperaturas de -18°C até o momento das análises.

A extração foi realizada de acordo com o esquema a seguir (Figura 3):

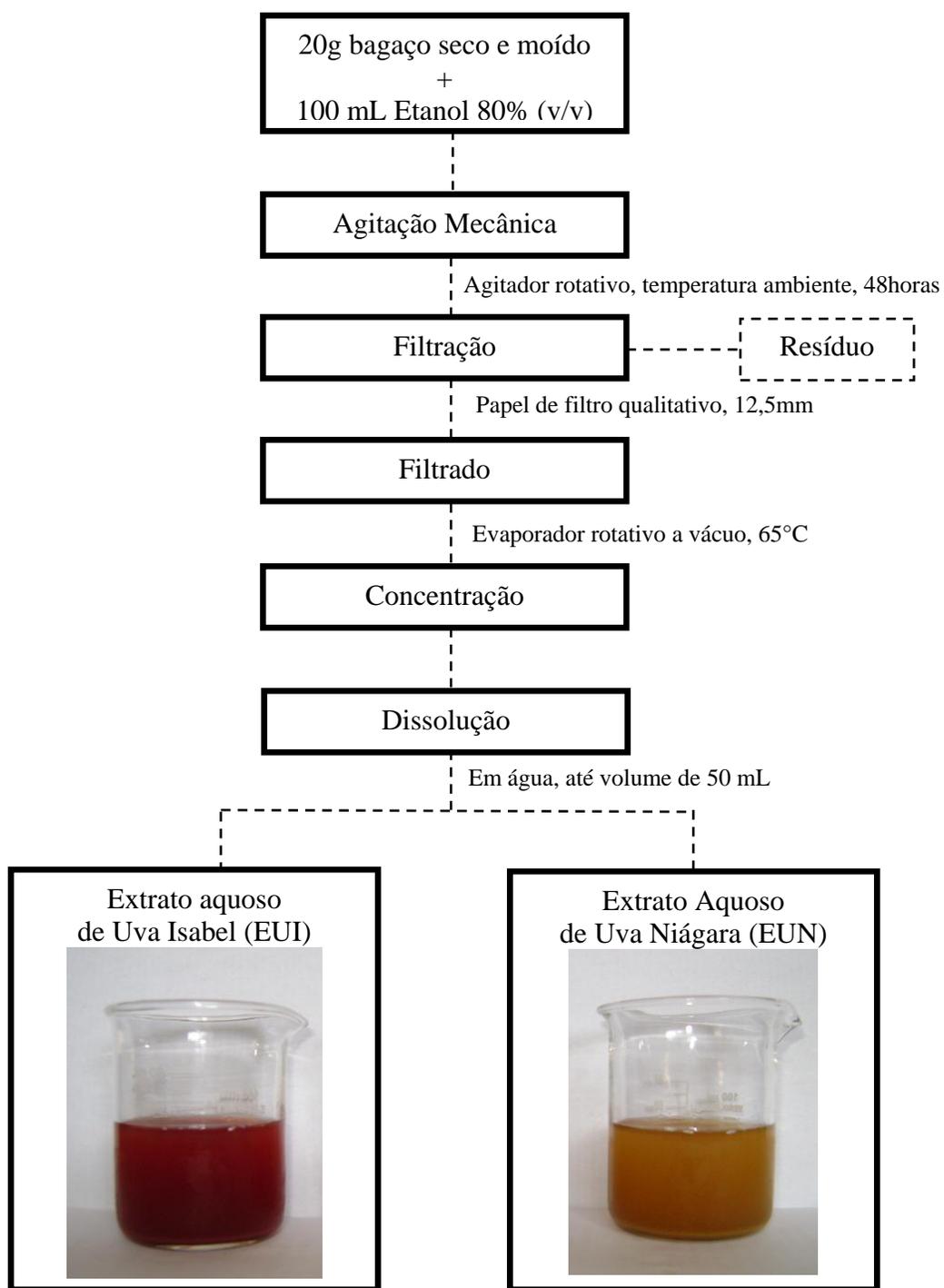


Figura 3 - Fluxograma de obtenção dos extratos de semente e casca de uva das variedades Isabel e Niágara

Os extratos foram armazenados sob refrigeração (4 a 8°C), em frasco âmbar, sendo retirados desse ambiente no momento da realização das análises.

### 3.2 Conteúdo de compostos fenólicos dos extratos de semente e casca de uva

O conteúdo de compostos fenólicos totais dos extratos foi determinado pelo método colorimétrico de Folin-Ciocalteu (SINGLETON; ORTHOFER; LAMUELA-RAVENTOS, 1999). Esse método envolve a oxidação de fenóis por um reagente amarelo heteropoliácido de fosfomolibdato e fosfotungstênio (reagente de Folin-Ciocalteu), e a medida colorimétrica de um complexo azul Mo-W que se forma na reação em meio alcalino (SINGLETON; ROSSI, 1965).

Para a determinação de fenólicos totais, as soluções de extratos (0,1 ml) foram misturadas com 5 ml de água destilada e 0,5 ml do reagente Folin-Ciocalteu, após 3 minutos de reação foi adicionado 1,5 ml de Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 20% e 2,9 ml de água destilada. A absorbância foi medida a 765 nm depois de duas horas de incubação no escuro a temperatura ambiente. Os resultados do teor dos compostos fenólicos foram expressos como equivalentes de ácido gálico (mg GAE/100g). Os bagaços apresentavam 10% de umidade.

### 3.3 Preparo das amostras de carne de frango

As matérias primas utilizadas para o preparo das amostras foram coxa e sobrecoxa de frango, obtidas de abatedouro do município de Rio Claro – SP, de aves abatidas com aproximadamente 42 dias de idade, sob inspeção do SIF. Estas foram depenadas, evisceradas, separadas em partes e resfriadas em câmara fria. As amostras foram transportadas em caixas térmicas com gelo, para posterior processamento e embalagem.

Foram realizados 5 tratamentos, sendo dois com adição de antioxidantes naturais, dois com adição de antioxidantes sintéticos, além do tratamento controle (Tabela 1).

Tabela 1 - Identificação dos tratamentos

| <b>Tratamento</b> | <b>Descrição</b>                                                |
|-------------------|-----------------------------------------------------------------|
| C                 | Controle - sem adição de antioxidante                           |
| BHT               | Butilhidroxitolueno - 0,01%                                     |
| EUI               | Extrato uva Isabel – volume equivalente a 60mg CFT/kg de carne  |
| EUN               | Extrato uva Niágara – volume equivalente a 60mg CFT/kg de carne |
| ES                | Eritorbato de Sódio + Ácido Cítrico + Açúcar - 0,37%            |

O processamento das amostras de carne de frango foi realizado na Planta Piloto de Processamento de Carnes, do Departamento de Agroindústria, Alimentos e Nutrição da

ESALQ/USP – Piracicaba/SP, conforme Figura 4. Para o processamento, aproximadamente 8 kg de coxa e 8 kg de sobrecoxa de frango sem osso e sem pele foram moídas separadamente em um moedor (HOBART 4B22-2) (Figura 4A). Todos os tratamentos foram aplicados em carne de frango moída, constituída de 50% de coxa e 50% de sobrecoxa.

Os extratos de uva foram adicionados diretamente à carne. O antioxidante sintético BHT foi adicionado à carne dissolvido em óleo de soja comercial, ausente de antioxidante e a mistura comercial de eritorbato de sódio, ácido cítrico e açúcar foi adicionada dispersa em sal. Em todos os tratamentos foi adicionado cloreto de sódio na porcentagem de 1,5% (Figura 4B). Para cada tratamento a carne foi homogeneizada em *cutter* (Figura 4C). Obtendo-se a massa cárnea, foram pesadas porções de 25g de carne (Figura 4D), moldadas no formato de mini-hambúrgueres (Figura 4E e F). Uma parte das amostras foi cozida em chapa elétrica tipo *grill* (Figura 4G), até que as mesmas atingissem a temperatura interna de 72°C por 4 a 5 minutos. Amostras cruas e cozidas (Figura 4H) foram acondicionadas separadamente em saco plástico com estrutura etileno vinil acetato (EVA) multicamadas termo encolhível, com taxa de permeabilidade ao oxigênio de  $<25\text{m}^3/\text{m}^2.\text{dia}$  a 1 atm/23°C/0%UR e com taxa de permeabilidade ao vapor d'água de  $<10\text{gH}_2\text{O}/\text{m}^2.\text{dia}$  a 1 atm/38°C/90%UR (Cryovac), caracterizando a embalagem a vácuo (I). Após o processamento, parte das amostras foi direcionada imediatamente para as análises físico-químicas, microbiológicas, e de composição centesimal. A análise sensorial foi realizada após resultado da análise microbiológica, aproximadamente 5 dias após o processamento). O restante das amostras foi armazenado sob congelamento, durante 9 meses. A cada 3 meses de armazenamento congelado foi recolhida uma unidade experimental de cada tratamento e estas foram submetidas às mesmas análises realizadas no dia 1, exceto a composição centesimal. O processamento das amostras foi realizado em triplicata.

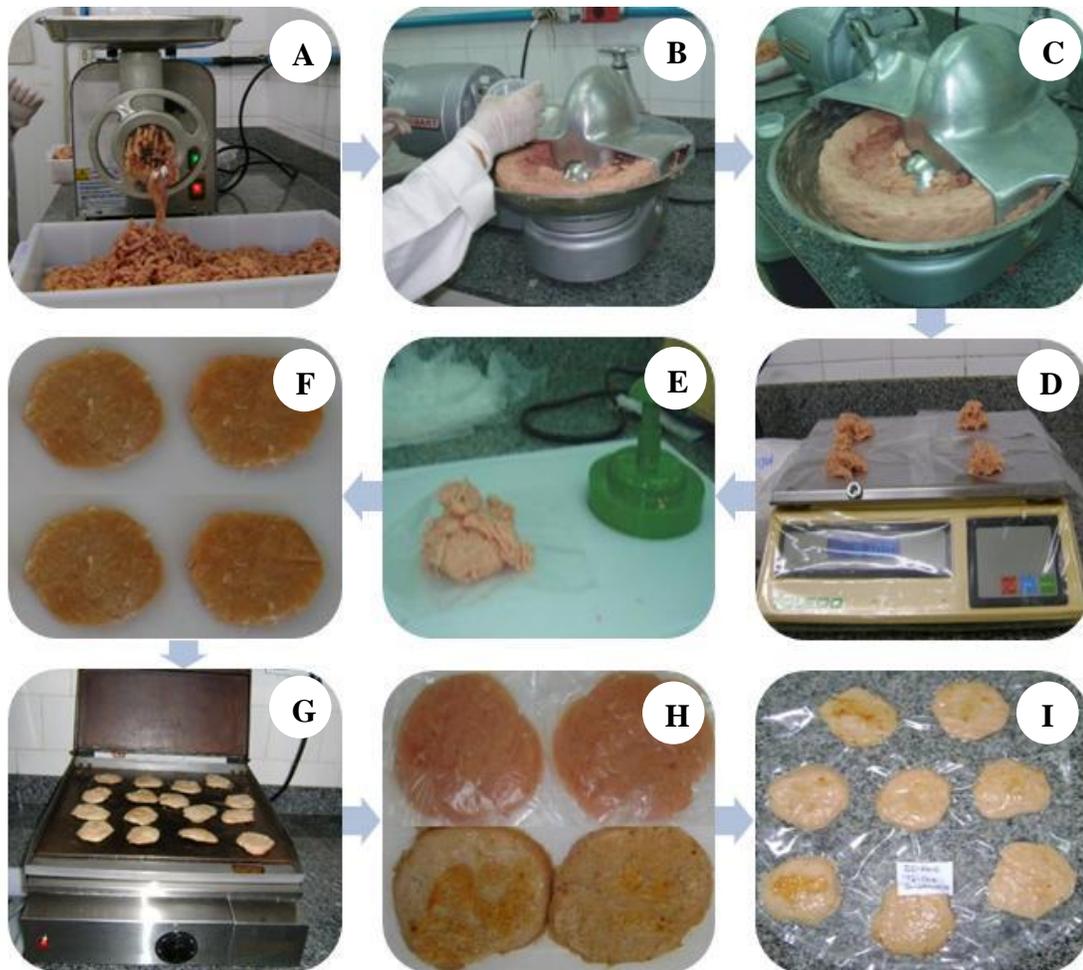


Figura 4 - Sequência do processamento das amostras de coxa e sobrecoxa de frango

As concentrações dos antioxidantes utilizados nesta pesquisa foram definidas da seguinte forma:

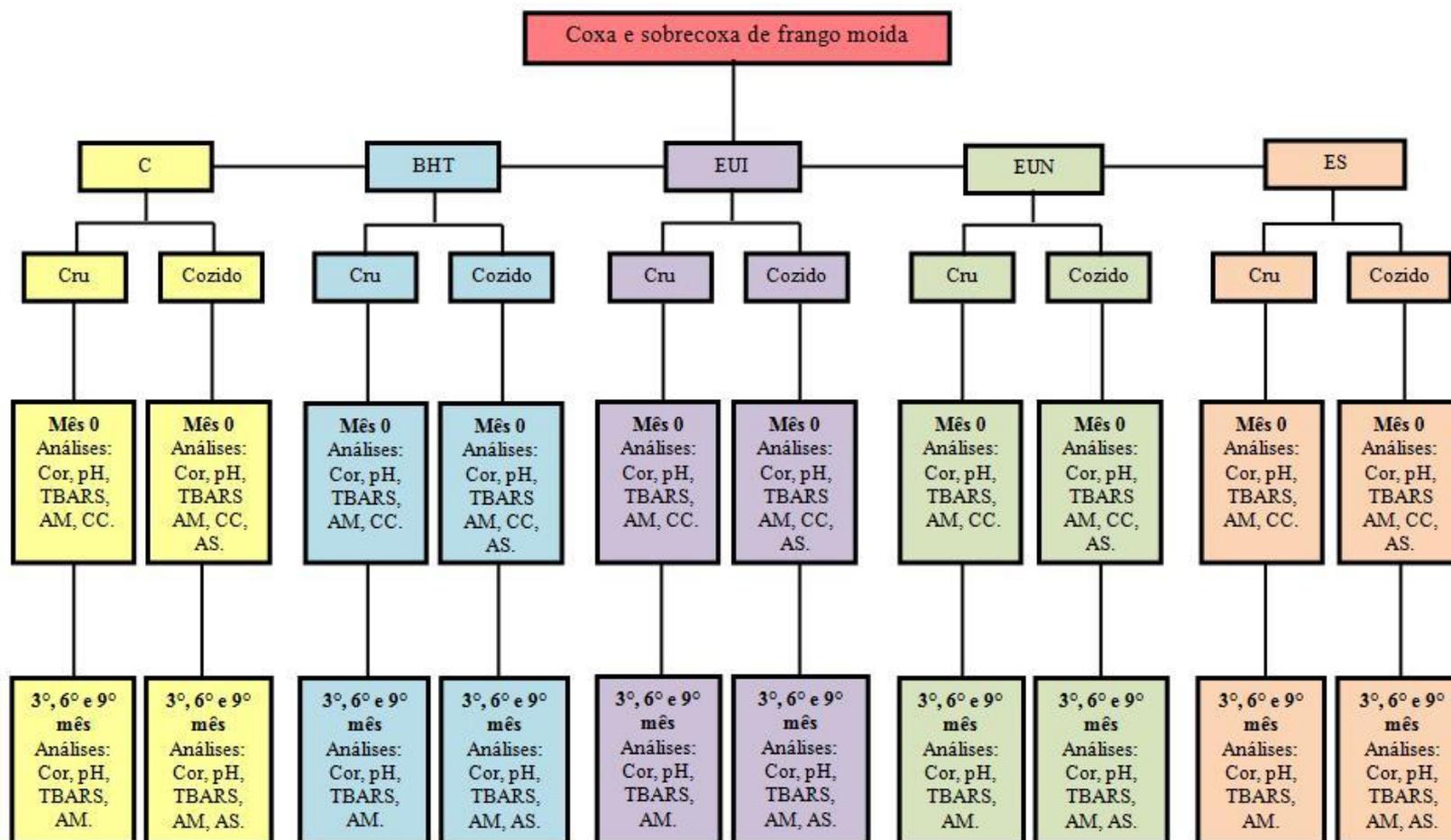
- BHT: de acordo com a Portaria 1.004, de 11 de dezembro de 1998, da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (BRASIL, 1998), que indica como concentração máxima permitida em produtos cárneos 0,01g/100g de carne.
- Extrato de semente e casca de uva Isabel e Niágara: de acordo com etapa preliminar desta pesquisa. Shirahigue (2008) estudou diferentes concentrações de extrato de semente e casca de uvas Isabel e Niágara em carne de coxa e sobrecoxa de frango refrigerada e definiu que concentrações mais altas de extratos adicionados (60 mg CFT/kg de amostra) apresentaram valores de TBARS mais baixos. Concentrações baixas (10 e 20 mg CFT/kg de amostra) apresentaram valores de TBARS semelhantes aos do tratamento controle (sem antioxidante).

- Mistura comercial de eritorbato de sódio, ácido cítrico e açúcar: de acordo com a quantidade comumente utilizada em indústrias de produtos cárneos (0,37%). A Portaria 1.004, de 11 de dezembro de 1998, da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (BRASIL, 1998) não indica concentração máxima permitida para o antioxidante eritorbato de sódio.

### **3.4 Análises das amostras de frango**

Para avaliação da estabilidade oxidativa e qualidade da carne de frango processada, foram realizadas análises físico-químicas e microbiológicas em amostras cruas e análises físico-químicas, microbiológicas e sensoriais em amostras cozidas.

Na Figura 5 é apresentado o planejamento experimental das análises das amostras de carne de frango.



C: controle; BHT: butilhidroxitolueno; EUI: extrato de semente e casca de uva Isabel; EUN: extrato de semente e casca de uva Niágara; ES: eritorbato de sódio, ácido cítrico e açúcar; AM: análise microbiológica; AS: análise sensorial; CC: composição centesimal.

Figura 5 - Planejamento experimental das análises

### **3.4.1 Composição centesimal**

Para a determinação da composição centesimal das amostras as seguintes análises: umidade, determinada por perda de peso da amostra em estufa a 105°C, até peso constante (PREGNOLATTO; PREGNOLATTO, 1985); proteína bruta, através da determinação do nitrogênio total, pelo método de Microkjeldahl, e conversão em proteína, multiplicando-se o valor obtido pelo fator de 6,25 (JOHNSON; ULRICH, 1974); cinza, determinada por calcinação da matéria orgânica em forno mufla a 550°C (PREGNOLATTO; PREGNOLATTO, 1985; WINTERS; TENNYSON, 2005) e a quantidade de amostra utilizada seguiu o recomendado por Winters e Tennyson (2005); lipídeos totais, determinados através do método de Soxhlet, utilizando hexano como solvente extrator (PREGNOLATTO; PREGNOLATTO, 1985). Todas as análises foram realizadas em triplicata, em amostras cruas e cozidas. Os resultados foram calculados em base úmida e expressos em porcentagem (%).

### **3.4.2 Cor instrumental**

A cor instrumental foi determinada através de colorímetro portátil da marca Minolta Chroma Meter, Modelo CR-400, realizando-se a leitura dos parâmetros L\* (luminosidade), a\* (intensidade de vermelho/verde), b\* (intensidade de amarelo/azul) do sistema CIELab, com fonte iluminante D65, calibrado em porcelana branca padrão com Y=93,7, x=0,3160 e y=0,3323.

Para determinação da cor instrumental em amostras cozidas, foi retirada uma fina camada de ambos os lados do produto, para eliminação crosta formada durante o cozimento em chapa elétrica. A determinação de cor em carne crua e cozida foi realizada em 5 amostras de cada tratamento, com duas leituras em cada, sobre uma superfície opaca.

### **3.4.3 Avaliação do pH**

A determinação do pH foi realizada com eletrodo de penetração de corpo de vidro, em 5 amostras de cada tratamento, com leitura em 2 diferentes pontos. O aparelho utilizado foi um potenciômetro da marca Oakton, pH 300, série 35618, com compensação automática de temperatura.

#### 3.4.4 Determinação da oxidação lipídica (TBARS)

A determinação do valor das substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS) foi realizada após processamento e após 3, 6 e 9 meses de armazenamento congelado (-18°C).

As análises foram feitas em duplicata, utilizando 5 amostras por tratamento, segundo metodologia descrita por Vyncke (1970, 1975) e Sorensen e Jorgensen (1996).

Foi utilizado o padrão 1,1,3,3 tetraetoxipropano (TEP), cuja hidrólise ácida gera malonaldeído na proporção de 1mol:1mol, para obtenção de uma curva padrão, composta por 9 pontos de diferentes concentrações (0; 0,1; 0,3; 0,5; 1,0; 1,5; 2,0; 3,0 e 5,0 µmol/L de TEP).

Os aldeídos foram extraídos através da homogeneização (Ultra Turrax) de 15 ml de uma solução de ácido tricloroacético (7,5%)/Propil Galato (0,1%)/EDTA (0,1%), com 5 g de amostra. Em seguida a mistura foi filtrada em papel de filtro qualitativo, 12,5mm. Cinco ml do filtrado foram adicionados de 5 ml da solução de TBA (0,02M) e a mistura reagiu durante 40 minutos a 100°C (banho-maria), para a formação do complexo colorido, medido em espectrofotômetro Shimadzu, modelo UV-Vis mini 1240, em comprimentos de onda de 532 e 600 nm.

Para os cálculos da curva padrão, a concentração e a absorbância foram plotados no eixo x e y, respectivamente, determinando a equação da reta de uma regressão linear, a partir da qual obteve-se a concentração da amostra. Os resultados foram expressos em “valor de TBARS”, definido como mg de malonaldeído (MDA)/kg de amostra.

#### 3.4.5 Avaliação microbiológica

Para avaliar a qualidade microbiológica das amostras de carne de frango, após processamento e ao final do período de congelamento (9 meses), estas foram submetidas às seguintes análises: número mais provável (NMP) de coliformes totais, contagem enterobactérias, clostrídios sulfito redutores, mesófilos aeróbios e anaeróbios, psicrotróficos aeróbios e anaeróbios, estafilococos coagulase positiva segundo metodologias descritas por Downes e Ito (2001) e presença/ausência de *Salmonella* spp, através do emprego de um Kit rápido “1-2 test”, fabricado pela Biocontrol/USA, conforme descrito por Silva, Junqueira e Silveira (2001).

Após 3 e 6 meses de congelamento foram realizadas contagens de psicrotróficos aeróbios e anaeróbios, estafilococos coagulase positiva, enterobactérias e coliformes totais. Todas as análises foram realizadas em duplicata, utilizando-se 5 amostras.

### 3.4.6 Avaliação sensorial

Um painel treinado de 12 membros, recrutados entre alunos e funcionários do Departamento de Agroindústria, Alimentos e Nutrição da ESALQ/USP, foram treinados durante 2 sessões de 2 horas para avaliar os atributos de alteração de cor, sabor e odor das amostras de carne de frango processada e cozida.

No treinamento, os provadores receberam informações detalhadas sobre o objetivo do projeto e sobre os atributos a serem avaliados. Para isto, foram utilizadas amostras de referência (Tabela 2) dos atributos sabor, odor e cor. As amostras-padrão de carne de frango foram preparadas no dia anterior ao treinamento.

Tabela 2 - Padrões de referência para a análise sensorial de carne de frango processada e cozida

| <b>Atributo</b> | <b>Referência</b>                                                                                                                                                                                        |
|-----------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Odor            | 0 - Óleo de soja não oxidado<br>5 - Óleo de soja com oxidação intermediária<br>10 - Óleo de soja oxidado                                                                                                 |
| Sabor           | 0 - Carne de frango processada, cozida, com 1,5% de NaCl<br>10 - Carne de frango processada, cozida, com 1,5% de NaCl e com adição de suco de uva concentrado                                            |
| Cor             | 0 - Carne de frango processada, cozida<br>10 - Carne de frango processada, cozida, com adição de suco de uva concentrado<br>10 - Carne de frango processada, cozida, com adição de corante verde hortelã |

Durante os treinamentos também foram apresentados aos provadores os extratos de semente e casca de uva Isabel e Niágara, para familiarização com os odores.

Através dos padrões utilizados (Tabela 2), foram estabelecidas as intensidades de cada atributo. Todas as notas foram atribuídas pelos provadores em escala linear não estruturada de 10 pontos. Amostras foram oferecidas aos provadores até que houvesse um consenso entre a equipe.

Foram recrutados 12 provadores que apresentaram melhor poder discriminativo, boa reprodutibilidade no julgamento e consenso com os demais do grupo.

O laboratório onde foi realizada a avaliação sensorial dispõe de cabines individuais para teste, assim como controle de iluminação, segundo as recomendações de Meilgaard; Civille e Carr (1999). Os provadores avaliaram a carne de frango cozida após processamento (realizada após

obtenção dos resultados da análise microbiológica, aproximadamente 5 dias após processamento) e após 3, 6 e 9 meses de congelamento. Em cada tempo de armazenamento, os provadores avaliavam o produto em duas repetições. Cinco amostras por sessão foram apresentadas aos provadores, sendo estas codificadas com números de aleatórios de 3 dígitos. Para as análises de alteração de sabor e odor, as amostras foram cortadas em cubos de tamanho uniforme, aquecidas em microondas por 10 segundos (atingindo a temperatura de aproximadamente 70°C) antes de serem servidas e então apresentadas em pratos aos provadores. Água foi servida entre as amostras, para limpeza da boca. Em relação à alteração de cor, foram apresentadas amostras inteiras, sendo apenas retirada a camada superficial do produto, para melhor visualização da cor interna. Os provadores avaliaram as amostras quanto aos atributos de alteração de cor, alteração de sabor e alteração de odor, através de uma escala linear não estruturada de 10 pontos, variando de 0 (ausente) a 10 (intensa) (Figura 6). As avaliações foram dadas por valores numéricos.

| <b>AVALIAÇÃO SENSORIAL</b>                                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Nome: _____                                                                                             | Data: _____                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| Por favor, prove as amostras de carne de frango e indique a intensidade de cada atributo citado abaixo: |                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| Alteração de Cor                                                                                        | <div style="display: flex; align-items: center; justify-content: center;"> <div style="border-top: 1px solid black; width: 100%;"></div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-between; width: 100%; margin-top: 5px;"> <span>Ausente</span> <span>Intensa</span> </div> |
| Alteração de Sabor                                                                                      | <div style="display: flex; align-items: center; justify-content: center;"> <div style="border-top: 1px solid black; width: 100%;"></div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-between; width: 100%; margin-top: 5px;"> <span>Ausente</span> <span>Intensa</span> </div> |
| Alteração de Odor                                                                                       | <div style="display: flex; align-items: center; justify-content: center;"> <div style="border-top: 1px solid black; width: 100%;"></div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-between; width: 100%; margin-top: 5px;"> <span>Ausente</span> <span>Intensa</span> </div> |
| Comentários: _____                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                             |

Figura 6 - Modelo da ficha aplicada na análise sensorial de carne de frango

### 3.5 Delineamento experimental e Avaliação estatística dos resultados

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos completos casualizados, com estrutura de tratamentos fatorial completo 5x4, com fatores tratamento (controle, BHT, EUI, EUN, ES) e tempo de armazenamento (0, 3, 6 e 9 meses), sendo realizadas 3 repetições. Os

resultados experimentais foram submetidos à análise de variância (ANOVA) considerando no modelo tratamento, tempo de armazenamento e a interação tratamento x tempo de armazenamento. A comparação das médias dos tratamentos foi realizada através do teste de Tukey ( $p < 0,05$ ). O efeito do tempo foi avaliado através do gráfico de tendência das médias ao longo do tempo de armazenamento e o efeito de interação através dos gráficos de interação.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Conteúdo de compostos fenólicos totais

A concentração de extrato a ser adicionada na carne de frango (60mg CFT/kg amostra) foi referente à quantidade em compostos fenólicos. Assim, antes de cada processamento do produto foi realizada a quantificação de fenólicos totais (Tabela 3).

Tabela 3 – Média dos teores de compostos fenólicos totais nos extratos aquosos de uva Isabel (EUI) e de uva Niágara (EUN) e no bagaço (semente e casca), expressos em equivalente ácido gálico (GAE)

|                   | EUI                    |                                                 | EUN                    |                                                 |
|-------------------|------------------------|-------------------------------------------------|------------------------|-------------------------------------------------|
|                   | Extrato<br>(mg GAE/mL) | Semente e casca<br>(base seca)<br>(mg GAE/100g) | Extrato<br>(mg GAE/mL) | Semente e casca<br>(base seca)<br>(mg GAE/100g) |
| I Processamento   | 3,39                   | 941,66                                          | 3,72                   | 1033,33                                         |
| II Processamento  | 2,94                   | 816,66                                          | 3,58                   | 994,44                                          |
| III Processamento | 2,41                   | 594,44                                          | 2,87                   | 797,22                                          |

EUI: extrato de semente e casca de uva Isabel; EUN: extrato de semente e casca de uva Niágara.

Os resultados do conteúdo de compostos fenólicos totais do presente trabalho apresentaram-se semelhantes aos encontrados por Soares et al. (2008a), que verificaram valores de 854,03 mg GAE/100g (peso seco) no extrato de casca de uva Isabel e 1014,04 mg GAE/100g (peso seco) no extrato de casca de uva Niágara, utilizando como solvente a acetona na concentração de 50%. Conforme pode ser observado por ambos os trabalhos, os extratos da variedade Niágara apresentaram quantidade mais elevada de compostos fenólicos do que os da variedade Isabel.

O conteúdo de compostos fenólicos totais obtidos de bagaço das variedades Isabel e Niágara é considerado elevado quando comparado com resíduos de outras frutas. Oliveira et al. (2009), utilizando extração com metanol, encontraram valores de 681 mg GAE/100g (base seca) em polpa e casca de acerola, 275 mg GAE/100g (base seca) em semente, polpa e casca de abacaxi, e 103 mg GAE/100g (base seca) em semente e polpa de casca de maracujá. Soares et al. (2008b) determinaram para bagaço de maçã, extraído com acetona nas concentrações de 75% e 100%, valores de 467,24 mg GAE/100g (base seca) e 522,74 mg GAE/100g (base seca), respectivamente.

Além da quantificação dos compostos fenólicos dos extratos de semente e casca das uvas Isabel e Niágara, em etapa preliminar desta pesquisa Shirahigue (2008) identificou e quantificou

os compostos fenólicos do extrato por meio de cromatografia líquida de alta eficiência em fase reversa (CLAE-FR) e determinou a atividade antioxidante, através da atividade sequestrante de radical DPPH e pelo sistema  $\beta$ -caroteno/ácido linoléico.

Segundo os resultados de Shirahigue (2008), foram identificados nos extratos de semente e casca de uvas Isabel e Niágara os flavonóides catequina e epicatequina, os quais apresentaram-se em quantidades significativamente maiores no extrato de semente e casca de uva Niágara. Os extratos de ambas as variedades apresentaram alta atividade antioxidante avaliados pelo método de seqüestro do radical DPPH e pelo sistema  $\beta$ -caroteno/ácido linoléico, e não apresentaram diferença significativa em relação ao padrão  $\alpha$ -tocoferol, substância de referência de elevada atividade antioxidante.

Uma vez verificada a elevada atividade antioxidante *in vitro* dos extratos de semente e casca de uva das variedades Isabel e Niágara, estes foram aplicados em produto processado de frango, tanto cru como cozido, e a avaliados quanto à qualidade da carne e estabilidade oxidativa.

## 4.2 Composição centesimal

Os dados da composição centesimal estão apresentados na Tabela 4.

Tabela 4 – Média (erro padrão) da composição centesimal (umidade, proteína, lipídeos e cinza) da carne de frango crua e cozida, dos cinco tratamentos realizados (continua)

|          | Tratamentos | Composição centesimal (%) |                          |
|----------|-------------|---------------------------|--------------------------|
|          |             | Amostras Cozidas          | Amostras Cruas           |
| Umidade  | C           | 68,63(0,74) <sup>a</sup>  | 75,11(0,74) <sup>a</sup> |
|          | BHT         | 69,56(0,74) <sup>a</sup>  | 75,53(0,74) <sup>a</sup> |
|          | EUI         | 69,41(0,74) <sup>a</sup>  | 76,15(0,74) <sup>a</sup> |
|          | EUN         | 68,36(0,74) <sup>a</sup>  | 75,80(0,74) <sup>a</sup> |
|          | ERS         | 68,53(0,74) <sup>a</sup>  | 74,63(0,74) <sup>a</sup> |
| Proteína | C           | 21,27(0,60) <sup>a</sup>  | 16,90(0,60) <sup>a</sup> |
|          | BHT         | 21,45(0,60) <sup>a</sup>  | 17,13(0,60) <sup>a</sup> |
|          | EUI         | 22,15(0,60) <sup>a</sup>  | 17,30(0,60) <sup>a</sup> |
|          | EUN         | 22,72(0,60) <sup>a</sup>  | 17,37(0,60) <sup>a</sup> |
|          | ERS         | 22,04(0,60) <sup>a</sup>  | 18,18(0,60) <sup>a</sup> |
| Lipídeos | C           | 4,50(0,20) <sup>a</sup>   | 3,67(0,20) <sup>a</sup>  |
|          | BHT         | 4,96(0,20) <sup>a</sup>   | 4,14(0,20) <sup>a</sup>  |
|          | EUI         | 4,47(0,20) <sup>a</sup>   | 3,55(0,20) <sup>a</sup>  |

Tabela 4 – Média (erro padrão) da composição centesimal (umidade, proteína, lipídeos e cinzas) da carne de frango crua e cozida, dos cinco tratamentos realizados (conclusão)

|          | Tratamento | Composição centesimal (%) |                         |
|----------|------------|---------------------------|-------------------------|
|          |            | Amostras Cozidas          | Amostras Cruas          |
| Lipídeos | EUN        | 4,57(0,20) <sup>a</sup>   | 3,73(0,20) <sup>a</sup> |
|          | ERS        | 4,34(0,20) <sup>a</sup>   | 3,88(0,20) <sup>a</sup> |
| Cinzas   | C          | 2,68(0,10) <sup>a</sup>   | 2,23(0,10) <sup>a</sup> |
|          | BHT        | 2,61(0,10) <sup>a</sup>   | 2,16(0,10) <sup>a</sup> |
|          | EUI        | 2,72(0,10) <sup>a</sup>   | 1,99(0,10) <sup>a</sup> |
|          | EUN        | 2,92(0,10) <sup>a</sup>   | 2,13(0,10) <sup>a</sup> |
|          | ERS        | 2,68(0,10) <sup>a</sup>   | 2,27(0,10) <sup>a</sup> |

Médias seguidas de letras diferentes na mesma coluna diferem estatisticamente ( $p < 0,05$ ) pelo teste de Tukey.

C: controle; BHT: butilhidroxitolueno; EUI: extrato de semente e casca de uva Isabel; EUN: extrato de semente e casca de uva Niágara; ES: eritorbato de sódio, ácido cítrico e açúcar.

Através dos resultados apresentados na Tabela 4, pode-se verificar que nenhum tratamento promoveu alteração significativa ( $p > 0,05$ ) quanto às porcentagens de umidade, proteína, lipídeos e cinza, em carne de frango processada, tanto crua como cozida.

Os valores médios da composição centesimal do presente trabalho foram semelhantes aos encontrados por Shirahigue (2008), que trabalhou com o mesmo produto (coxa e sobrecoxa de frango processada) e com extratos de uvas das mesmas variedades, e verificou valores de umidade variando de 71,19 a 74,91%, valores de proteína variando de 14,72 a 19,79%, valores de lipídeos variando de 4,64 a 5,45% e valores de cinza variando de 1,64 a 1,75%. No entanto, diferente dos resultados deste trabalho, Shirahigue (2008) verificou que os tratamentos afetaram significativamente as porcentagens de umidade, proteína e lipídeos das amostras.

Comparando-se os resultados da Tabela 4 com os apresentados pela Tabela Brasileira de Composição de Alimentos (TACO) (UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS, 2006), que indicam valores de 74,55% de umidade, 17,7% de proteína, 7,25% de lipídeos e 0,9% de cinza para coxa e sobrecoxa de frango crua, e valores de 61,15% de umidade, 28,05% de proteína, 8,9% de lipídeos e 1,2% de cinza para coxa e sobrecoxa de frango cozida, amostras do presente trabalho, tanto cruas como cozidas, apresentaram quantidade menor de lipídeos e maior de cinza.

Para todas as determinações (umidade, proteína, lipídeos e cinza), uma vez que não houve diferença significativa entre os tratamentos ( $p > 0,05$ ), ou seja, a adição dos extratos de uva não interferiu na composição centesimal das amostras, as divergências entre os valores encontrados pela pesquisa e os valores encontrados na literatura podem ser consideradas normais, pois

segundo Mendes (2001), a composição química dos músculos das aves é diretamente afetada pela genética, nutrição, ambiente e idade da ave.

### 4.3 Cor instrumental

#### 4.3.1 Cor instrumental de carne de frango processada e cozida

De acordo com a análise da variância dos valores de  $L^*$  da carne de frango cozida (Tabela 5), houve efeito significativo dos tratamentos ( $p < 0,05$ ), porém não houve efeito significativo do tempo de armazenamento ( $p > 0,05$ ).

O tratamento BHT, que apresentou o maior valor de  $L^*$ , indicando amostras mais pálidas, diferiu significativamente ( $p < 0,05$ ) dos demais tratamentos com antioxidantes, mas não apresentou diferença significativa ( $p > 0,05$ ) em relação ao controle. Já os tratamentos com antioxidantes naturais foram os que promoveram a maior alteração quanto à luminosidade da carne de frango, causando escurecimento das amostras (Figuras 7 e 8). Essa alteração de cor foi mais expressiva no tratamento EUI, que apresentou o menor valor de  $L^*$ , e diferiu significativamente ( $p < 0,05$ ) tanto do tratamento controle, como do tratamento BHT (Tabela 5). Este escurecimento das amostras pode ter sido ocasionado pela adição dos extratos, especialmente o extrato de semente e casca de uva Isabel, que apresenta coloração escura.

Tabela 5 – Média ( $\pm$ desvio padrão) do parâmetro de cor  $L^*$  de carne de frango cozida, segundo tratamento e tempo de armazenamento

| Tratamento                             | Tempo de armazenamento (meses) |                  |                  |                  | Média               |
|----------------------------------------|--------------------------------|------------------|------------------|------------------|---------------------|
|                                        | 0                              | 3                | 6                | 9                |                     |
| <b><math>L^*</math> (luminosidade)</b> |                                |                  |                  |                  |                     |
| C                                      | 68,99 $\pm$ 0,50               | 69,32 $\pm$ 0,81 | 67,76 $\pm$ 0,80 | 68,26 $\pm$ 0,51 | 68,58 <sup>ac</sup> |
| BHT                                    | 69,86 $\pm$ 0,69               | 69,64 $\pm$ 0,63 | 68,72 $\pm$ 0,71 | 69,81 $\pm$ 1,16 | 69,51 <sup>a</sup>  |
| EUI                                    | 66,53 $\pm$ 0,51               | 66,31 $\pm$ 1,72 | 66,47 $\pm$ 1,44 | 66,93 $\pm$ 1,74 | 66,56 <sup>b</sup>  |
| EUN                                    | 67,28 $\pm$ 1,49               | 67,09 $\pm$ 0,64 | 67,27 $\pm$ 0,74 | 67,19 $\pm$ 1,51 | 67,21 <sup>bc</sup> |
| ES                                     | 68,27 $\pm$ 1,89               | 67,62 $\pm$ 0,80 | 68,09 $\pm$ 1,53 | 67,97 $\pm$ 2,60 | 67,99 <sup>bc</sup> |
| Média                                  | 68,19                          | 68,00            | 67,66            | 68,03            |                     |

Médias seguidas de letras diferentes na mesma coluna diferem estatisticamente ( $p < 0,05$ ) pelo teste de Tukey.

C: controle; BHT: butilhidroxitolueno; EUI: extrato de semente e casca de uva Isabel; EUN: extrato de semente e casca de uva Niágara; ES: eritorbato de sódio, ácido cítrico e açúcar.

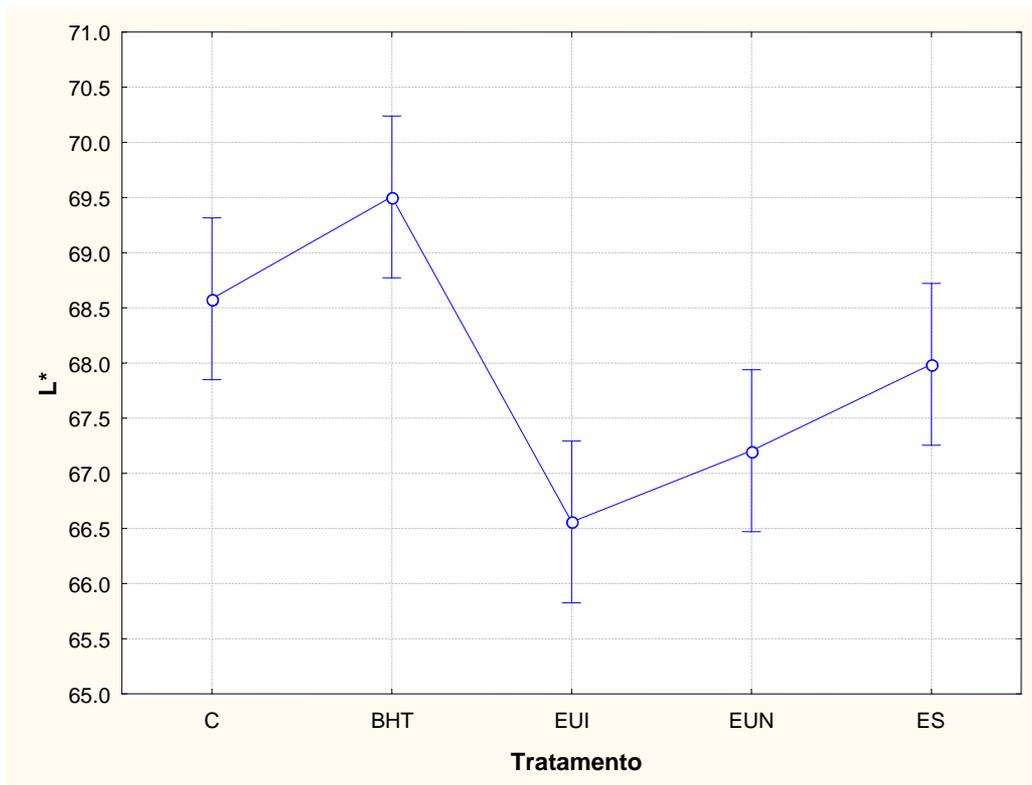


Figura 7 - Valores médios do parâmetro de cor L\* de carne de frango cozida, por tratamento

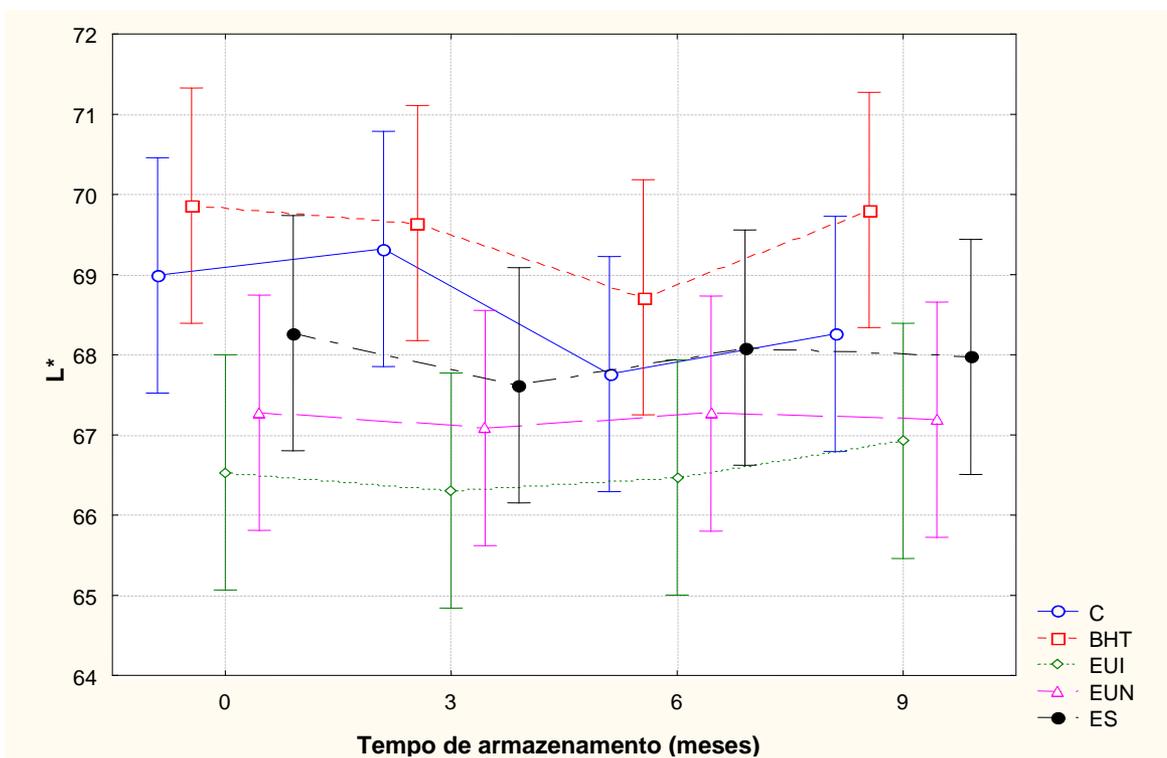


Figura 8 - Valores médios do parâmetro de cor L\* de carne de frango cozida, por tratamento e tempo de armazenamento

Shirahigue (2008), utilizando carne de frango cozida (coxa e sobrecoxa), Brannan (2009), utilizando carne de frango (peito e coxa) cozida e Sasse, Colindres e Brewer (2009), utilizando carne suína cozida, também verificaram escurecimento do produto com adição de extrato de bagaço de uva. Assim, observa-se que, independentemente da espécie ou músculo utilizado, nos estudos citados acima e na presente pesquisa, foi verificada a mesma tendência, atribuída à coloração escura dos extratos.

Quando comparados com os resultados deste trabalho, Rababah et al. (2006), em pesquisa com carne de frango marinada e refrigerada e Rojas e Brewer (2007), que avaliaram reestruturados de carne bovina e reestruturados de carne suína (0,02%), não observaram diferenças na luminosidade de amostras com adição de extrato de uva. Em ambos os trabalhos foram utilizados extratos comerciais de marcas diferentes e no presente estudo o extrato foi preparado no próprio laboratório. Assim, a interferência ou não na luminosidade da carne pode ser decorrente da intensidade da coloração do extrato utilizado. A coloração da carne da espécie estudada também pode ter influenciado nos diferentes resultados entre as pesquisas, já que a concentração de mioglobina na carne pode variar com a idade do animal e entre espécies, raças e músculos (YOUNG; WEST, 2001).

Durante o período de armazenamento das amostras, não foi verificado aumento ou redução significativa ( $p > 0,05$ ) nos valores de  $L^*$ , em nenhum dos tratamentos analisados, corroborando com os estudos de Bañón et al. (2007) com carne bovina. Sasse, Colindres e Brewer (2009) por sua vez, verificaram em carne suína, que o tempo de armazenamento teve efeitos significativos, porém inconsistentes sobre o valor de  $L^*$ .

Os resultados da análise da variância dos valores de  $a^*$  mostraram efeito significativo ( $p < 0,05$ ) dos tratamentos (Tabela 6). Observa-se pela Figura 9 que a adição dos antioxidantes naturais levou a redução significativa ( $p < 0,05$ ) na intensidade de coloração vermelha da carne de frango cozida, em relação aos demais tratamentos. O tratamento com a mistura de eritorbato de sódio, ácido cítrico e açúcar foi o que apresentou a média do valor de  $a^*$  mais elevada, ou seja, conferiu às amostras maior estabilidade quanto à descoloração da cor vermelha, bem como menor interferência na coloração da carne (Tabela 6).

Tabela 6 - Média ( $\pm$ desvio padrão) do parâmetro de cor  $a^*$  de carne de frango cozida, segundo tratamento e tempo de armazenamento

| Tratamento                         | Tempo de armazenamento (meses) |                 |                 |                 | Média             |
|------------------------------------|--------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-------------------|
|                                    | 0                              | 3               | 6               | 9               |                   |
| <b><math>a^*</math> (vermelho)</b> |                                |                 |                 |                 |                   |
| C                                  | 5,04 $\pm$ 0,10                | 5,09 $\pm$ 0,25 | 5,07 $\pm$ 0,24 | 5,18 $\pm$ 0,21 | 5,10 <sup>b</sup> |
| BHT                                | 5,04 $\pm$ 0,24                | 5,11 $\pm$ 0,18 | 5,20 $\pm$ 0,26 | 5,20 $\pm$ 0,42 | 5,14 <sup>b</sup> |
| EUI                                | 4,30 $\pm$ 0,15                | 4,31 $\pm$ 0,36 | 4,30 $\pm$ 0,02 | 4,65 $\pm$ 0,22 | 4,39 <sup>d</sup> |
| EUN                                | 4,63 $\pm$ 0,18                | 4,71 $\pm$ 0,32 | 4,71 $\pm$ 0,23 | 4,80 $\pm$ 0,26 | 4,71 <sup>c</sup> |
| ES                                 | 5,56 $\pm$ 0,16                | 5,49 $\pm$ 0,04 | 5,69 $\pm$ 0,08 | 5,75 $\pm$ 0,26 | 5,62 <sup>a</sup> |
| Média                              | 4,91                           | 4,94            | 4,99            | 5,12            |                   |

Médias seguidas de letras diferentes na mesma linha ou coluna diferem estatisticamente ( $p < 0,05$ ) pelo teste de Tukey. C: controle; BHT: butilhidroxitolueno; EUI: extrato de semente e casca de uva Isabel; EUN: extrato de semente e casca de uva Niágara; ES: eritorbato de sódio, ácido cítrico e açúcar.

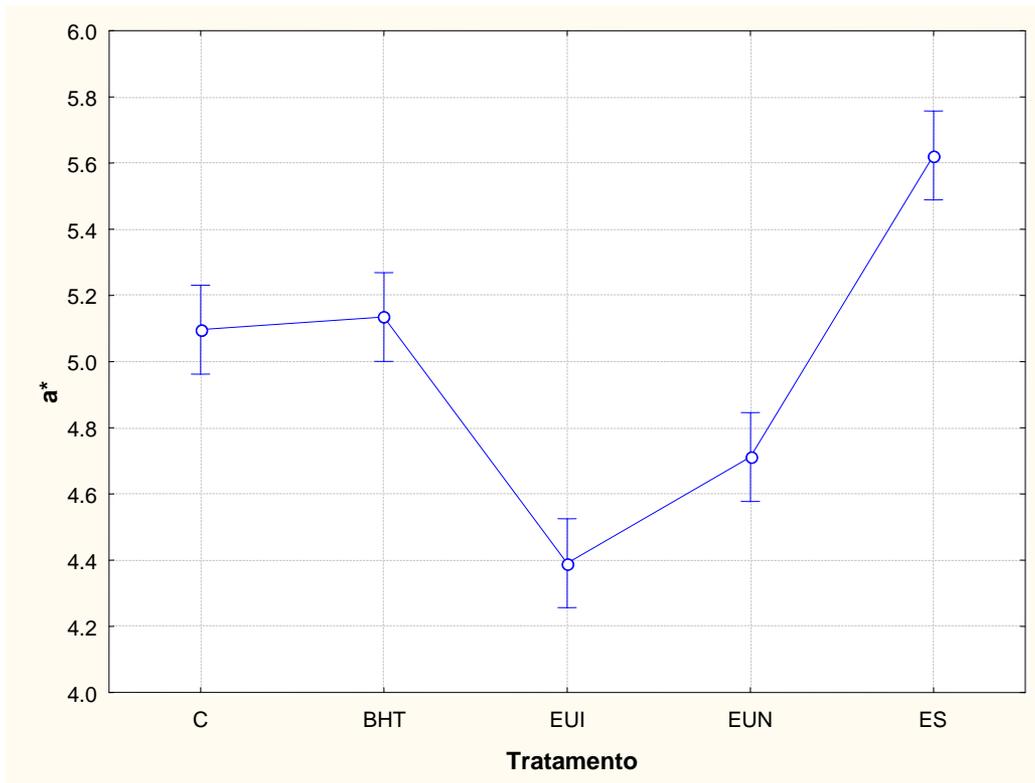


Figura 9 - Valores médios do parâmetro de cor  $a^*$  de carne de frango cozida, por tratamento

Resultados semelhantes aos encontrados por este estudo foram observados por Brannan (2009) em carne de coxa de frango, que verificou valores de  $a^*$  variando de 2,9 a 5,0 para o tratamento controle, e de 3,7 a 5,1 para o tratamento com extrato de semente de uva.

Discordando dos resultados do presente estudo, em que houve redução significativa ( $p < 0,05$ ) nos valores de  $a^*$  dos tratamentos com extrato de uva, Brannan (2009), Ahn, Grun e

Mustapha (2007) e Carpenter et al. (2007) verificaram aumento nos valores de  $a^*$  de amostras com extrato de uva adicionadas em carne de frango, carne bovina e carne suína, respectivamente. Já Rojas e Brewer (2007) em estudo com carne bovina, Shirahigue (2008) em estudo com carne de frango e Sasse, Colindres e Brewer. (2009), em estudo com carne suína, não observaram alteração significativa nos valores de  $a^*$  devido à adição dos extratos de bagaço de uva. Esta variabilidade entre os resultados dos experimentos pode ser decorrente de diferentes colorações dos extratos de bagaço de uva utilizados.

A intensidade de coloração vermelha da carne de frango não foi afetada pelo período de congelamento ( $p>0,05$ ), ou seja, as amostras se mantiveram sem mudanças significativas ao longo do tempo, em todo o experimento (Figura 10).

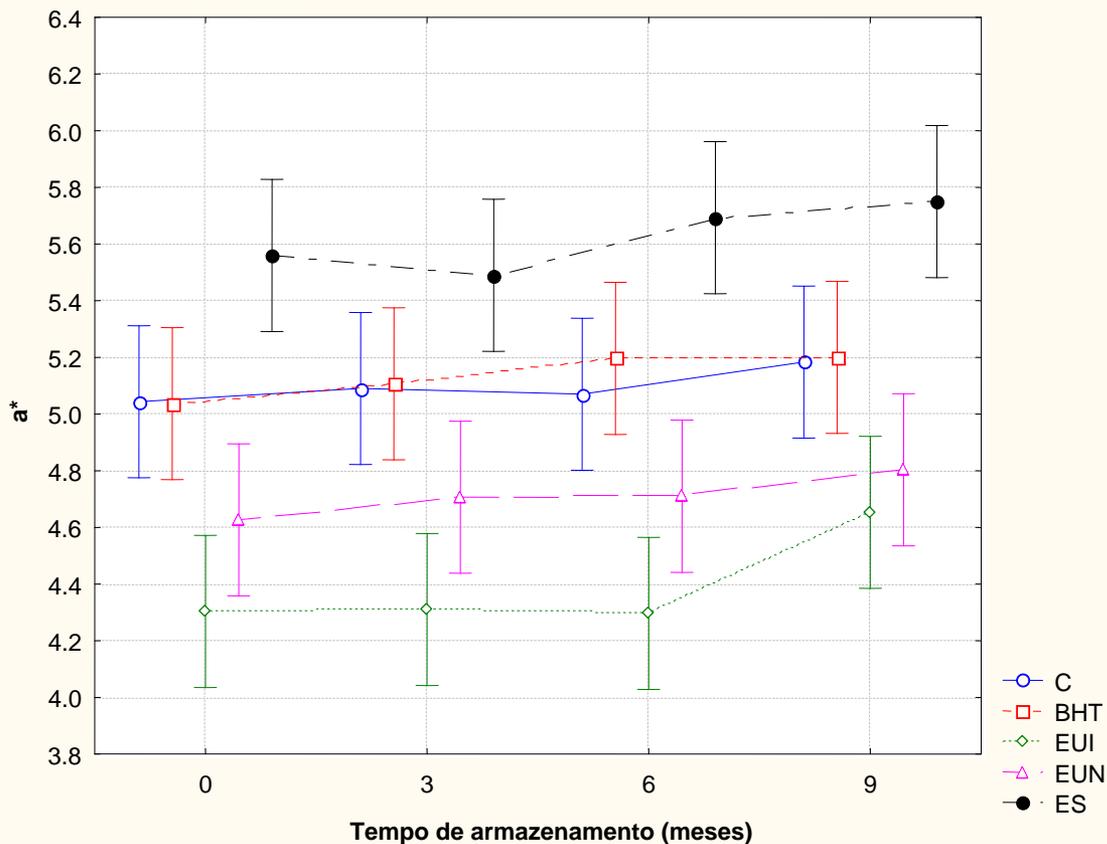


Figura 10 - Valores médios do parâmetro de cor  $a^*$  de carne de frango cozida, por tratamento e tempo de armazenamento

Os tratamentos apresentaram diferença significativa em relação aos valores médios de  $b^*$  ( $p<0,05$ ). Não houve efeito significativo do tempo de armazenamento ( $p>0,05$ ) (Tabela 7).

Tabela 7 - Média ( $\pm$ desvio padrão) do parâmetro de cor  $b^*$  de carne de frango cozida, segundo tratamento e tempo de armazenamento

| Tratamento                        | Tempo de armazenamento (meses) |                  |                  |                  | Média              |
|-----------------------------------|--------------------------------|------------------|------------------|------------------|--------------------|
|                                   | 0                              | 3                | 6                | 9                |                    |
| <b><math>b^*</math> (amarelo)</b> |                                |                  |                  |                  |                    |
| C                                 | 16,21 $\pm$ 1,74               | 15,41 $\pm$ 0,58 | 16,13 $\pm$ 0,71 | 15,11 $\pm$ 0,50 | 15,72 <sup>a</sup> |
| BHT                               | 15,84 $\pm$ 1,13               | 16,04 $\pm$ 0,47 | 15,95 $\pm$ 0,67 | 15,15 $\pm$ 0,79 | 15,75 <sup>a</sup> |
| EUI                               | 13,74 $\pm$ 0,80               | 13,49 $\pm$ 0,94 | 13,33 $\pm$ 1,01 | 13,34 $\pm$ 0,93 | 13,48 <sup>b</sup> |
| EUN                               | 14,16 $\pm$ 1,33               | 14,18 $\pm$ 0,57 | 14,23 $\pm$ 1,00 | 14,11 $\pm$ 1,23 | 14,17 <sup>b</sup> |
| ES                                | 15,97 $\pm$ 1,24               | 15,98 $\pm$ 1,71 | 16,26 $\pm$ 0,84 | 15,52 $\pm$ 1,32 | 15,93 <sup>a</sup> |
| Média                             | 15,18                          | 15,02            | 15,18            | 14,65            |                    |

Médias seguidas de letras diferentes na mesma linha ou coluna diferem estatisticamente ( $p < 0,05$ ) pelo teste de Tukey. C: controle; BHT: butilhidroxitolueno; EUI: extrato de semente e casca de uva Isabel; EUN: extrato de semente e casca de uva Niágara; ES: eritorbato de sódio, ácido cítrico e açúcar.

Os tratamentos com extratos de bagaço de uva não diferiram significativamente entre si ( $p > 0,05$ ), porém apresentaram médias de  $b^*$  significativamente menores ( $p < 0,05$ ) em relação aos demais tratamentos, ou seja, promoveram decréscimo na coloração amarela das amostras (Figuras 11 e 12). Novamente, esta diferença pode ter sido ocasionada pela adição dos extratos, que tem coloração escura, e conseqüentemente reduziram a intensidade de cor amarela da carne de frango.

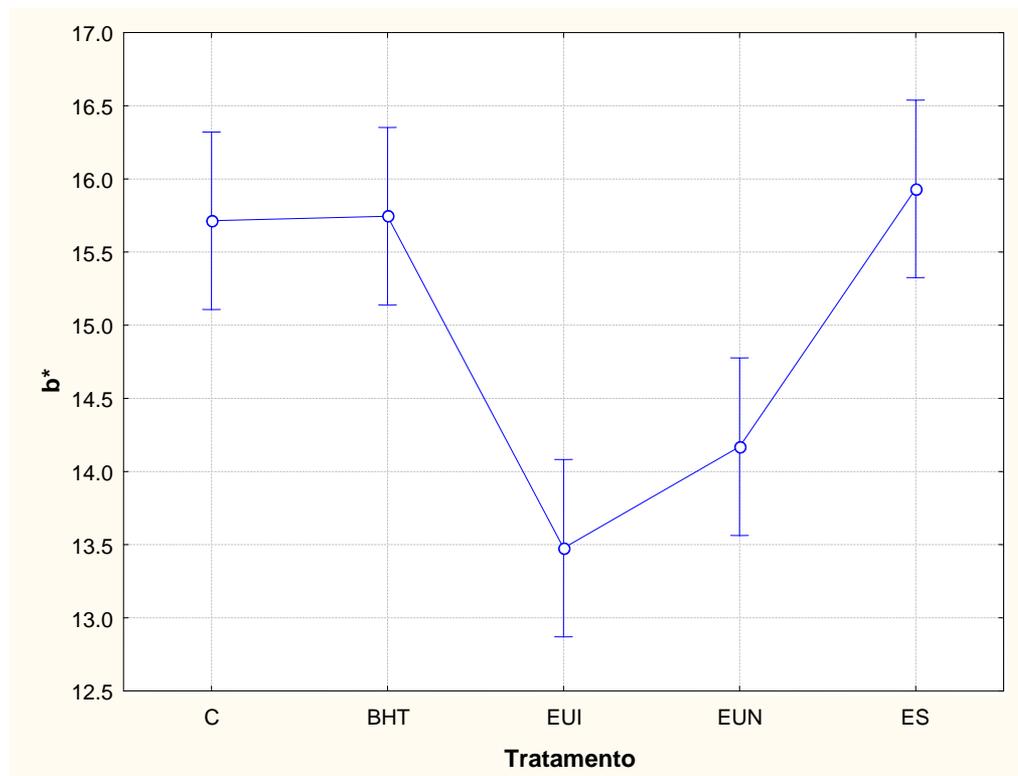


Figura 11 - Valores médios do parâmetro de cor  $b^*$  de carne de frango cozida, por tratamento

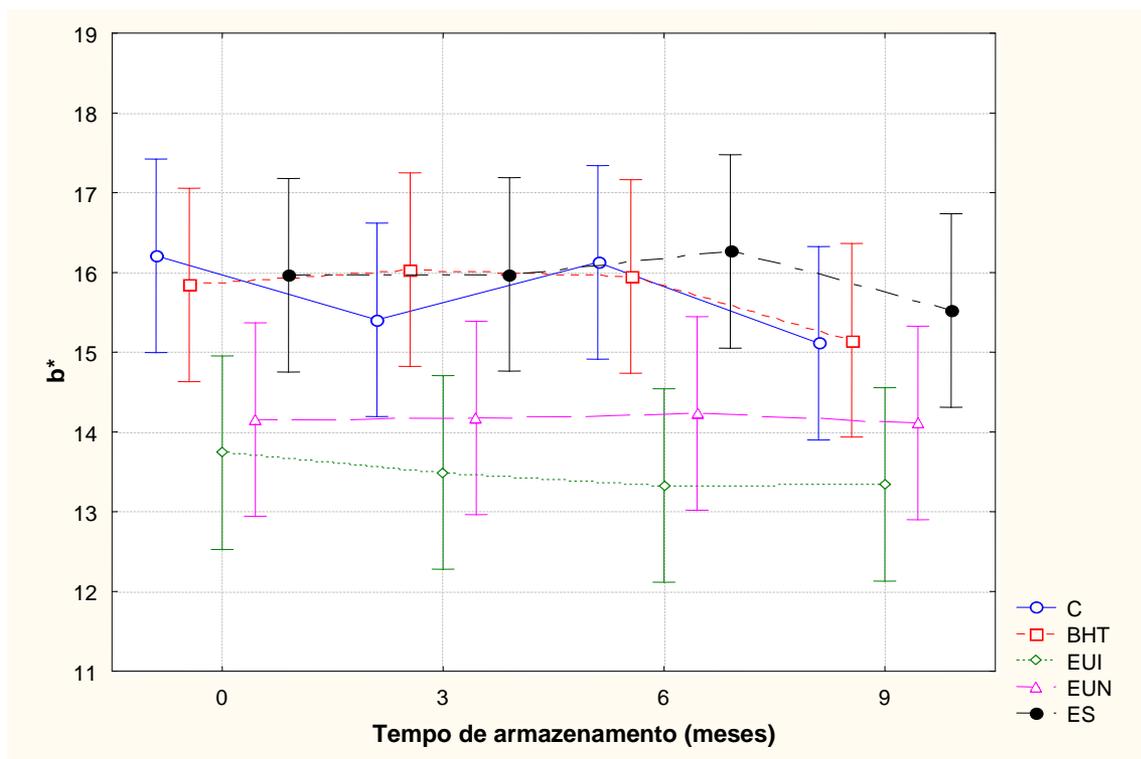


Figura 12 - Valores médios do parâmetro de cor  $b^*$  de carne de frango cozida, por tratamento e tempo de armazenamento

A redução dos valores de  $b^*$  de amostras com extrato de bagaço de uva observada neste estudo também foi verificada por Ahn, Grun e Mustapha (2007) em carne bovina e por Shirahigue (2008) e Brannan (2009) em carne de frango. Já Rojas e Brewer (2007) e Sasse, Colindres e Brewer (2009) não verificaram diferença significativa entre os tratamentos com e sem extrato de uva em carne bovina e suína, respectivamente.

De forma geral, a adição dos extratos de semente e casca uva causou escurecimento (menor valor de  $L^*$ ), redução da intensidade de cor vermelha (menor valor de  $a^*$ ) e redução a intensidade de coloração amarela (menor valor de  $b^*$ ) de amostras de carne de frango cozida. Durante o período de armazenamento, não foi observada alteração significativa ( $p > 0,05$ ) em nenhum dos três parâmetros de cor avaliados.

#### 4.3.2 Cor instrumental de carne de frango processada crua

Os resultados da análise de variância dos valores de  $L^*$  (luminosidade) mostraram que não houve efeito significativo ( $p > 0,05$ ) em nenhum dos fatores avaliados (tratamento, tempo de armazenamento e interação). Isto indica que os extratos de semente e casca de uva não afetaram a

luminosidade das amostras de carne de frango cruas e que estas se mantiveram sem variações significativas ( $p>0,05$ ) ao longo dos nove meses de armazenamento congelado (Tabela 8).

Tabela 8 - Média ( $\pm$ desvio padrão) de parâmetro de cor  $L^*$  de carne de frango crua, segundo tratamento e tempo de armazenamento

| Tratamento                             | Tempo de armazenamento (meses) |                  |                  |                  | Média              |
|----------------------------------------|--------------------------------|------------------|------------------|------------------|--------------------|
|                                        | 0                              | 3                | 6                | 9                |                    |
| <b><math>L^*</math> (luminosidade)</b> |                                |                  |                  |                  |                    |
| C                                      | 57,45 $\pm$ 1,51               | 59,24 $\pm$ 1,15 | 57,88 $\pm$ 2,84 | 58,66 $\pm$ 0,93 | 58,31 <sup>a</sup> |
| BHT                                    | 58,79 $\pm$ 0,59               | 60,33 $\pm$ 0,25 | 61,06 $\pm$ 4,00 | 60,60 $\pm$ 2,93 | 60,20 <sup>a</sup> |
| EUI                                    | 53,45 $\pm$ 5,82               | 55,60 $\pm$ 3,26 | 54,36 $\pm$ 6,75 | 55,38 $\pm$ 6,38 | 54,70 <sup>a</sup> |
| EUN                                    | 56,11 $\pm$ 4,71               | 55,31 $\pm$ 4,19 | 54,58 $\pm$ 6,84 | 56,53 $\pm$ 6,07 | 55,63 <sup>a</sup> |
| ES                                     | 55,86 $\pm$ 4,09               | 56,15 $\pm$ 3,43 | 56,10 $\pm$ 7,74 | 57,49 $\pm$ 9,08 | 56,40 <sup>a</sup> |
| Média                                  | 56,33                          | 57,33            | 56,80            | 57,73            |                    |

Médias seguidas de letras diferentes na mesma linha ou coluna diferem estatisticamente ( $p<0,05$ ) pelo teste de Tukey. C: controle; BHT: butilhidroxitolueno; EUI: extrato de semente e casca de uva Isabel; EUN: extrato de semente e casca de uva Niágara; ES: eritorbato de sódio, ácido cítrico e açúcar.

Não foram encontrados na literatura trabalhos que avaliassem a cor instrumental de carne de frango crua, adicionada de extrato de semente e casca de uva para efeito de comparação.

Corroborando com os resultados do presente trabalho, Carpenter et al. (2007), que estudaram carne de porco crua, refrigerada e adicionada de extrato de semente de uva e Rojas e Brewer (2008), que adicionou extrato de semente de uva em carne bovina crua e em carne suína crua, ambas armazenadas sob congelamento, não foram verificadas diferenças significativas no valor de  $L^*$  entre amostras com antioxidantes naturais e as amostras controle.

Ainda em relação ao trabalho de Rojas e Brewer (2008), tanto em carne bovina, como em carne suína foi observado aumento nos valores de  $L^*$  durante o período de armazenamento do produto, fato que não foi observado no presente trabalho.

Quanto ao valor de  $a^*$ , a análise de variância indicou, novamente, que não houve interferência de nenhum dos tratamentos na intensidade de coloração vermelha da carne de frango ( $p>0,05$ ), mas que houve efeito significativo ( $p<0,05$ ) do tempo de armazenamento (Tabela 9).

Tabela 9 - Média ( $\pm$ desvio padrão) do parâmetro de cor  $a^*$  de carne de frango crua, segundo tratamento e tempo de armazenamento

| Tratamento                         | Tempo de armazenamento (meses) |                 |                 |                  | Média             |
|------------------------------------|--------------------------------|-----------------|-----------------|------------------|-------------------|
|                                    | 0                              | 3               | 6               | 9                |                   |
| <b><math>a^*</math> (vermelho)</b> |                                |                 |                 |                  |                   |
| C                                  | 9,70 $\pm$ 0,94                | 9,51 $\pm$ 2,23 | 8,35 $\pm$ 0,21 | 9,74 $\pm$ 0,47  | 9,33 <sup>a</sup> |
| BHT                                | 10,47 $\pm$ 0,30               | 8,86 $\pm$ 1,05 | 7,34 $\pm$ 1,04 | 7,93 $\pm$ 0,44  | 8,65 <sup>a</sup> |
| EUI                                | 9,53 $\pm$ 1,26                | 9,17 $\pm$ 1,00 | 8,19 $\pm$ 1,61 | 8,93 $\pm$ 0,11  | 8,96 <sup>a</sup> |
| EUN                                | 8,76 $\pm$ 0,36                | 9,23 $\pm$ 0,34 | 8,22 $\pm$ 0,76 | 9,44 $\pm$ 0,57  | 8,91 <sup>a</sup> |
| ES                                 | 10,10 $\pm$ 0,94               | 9,64 $\pm$ 0,04 | 9,11 $\pm$ 0,82 | 10,10 $\pm$ 1,41 | 9,74 <sup>a</sup> |
| Média                              | 9,71                           | 9,28            | 8,24            | 9,23             |                   |

Médias seguidas de letras diferentes na mesma linha ou coluna diferem estatisticamente ( $p < 0,05$ ) pelo teste de Tukey. C: controle; BHT: butilhidroxitolueno; EUI: extrato de semente e casca de uva Isabel; EUN: extrato de semente e casca de uva Niágara; ES: eritorbato de sódio, ácido cítrico e açúcar.

Durante o período de armazenamento das amostras, o valor de  $a^*$  apresentou uma tendência de redução em seus valores (Figura 13), sendo esta redução mais evidente no tratamento BHT (Figura 14). Este resultado indica que o antioxidante sintético BHT, apesar de agir de forma eficiente no retardo da oxidação lipídica, é instável quanto à manutenção da cor vermelha de produtos de frango crus e armazenados sob congelamento.

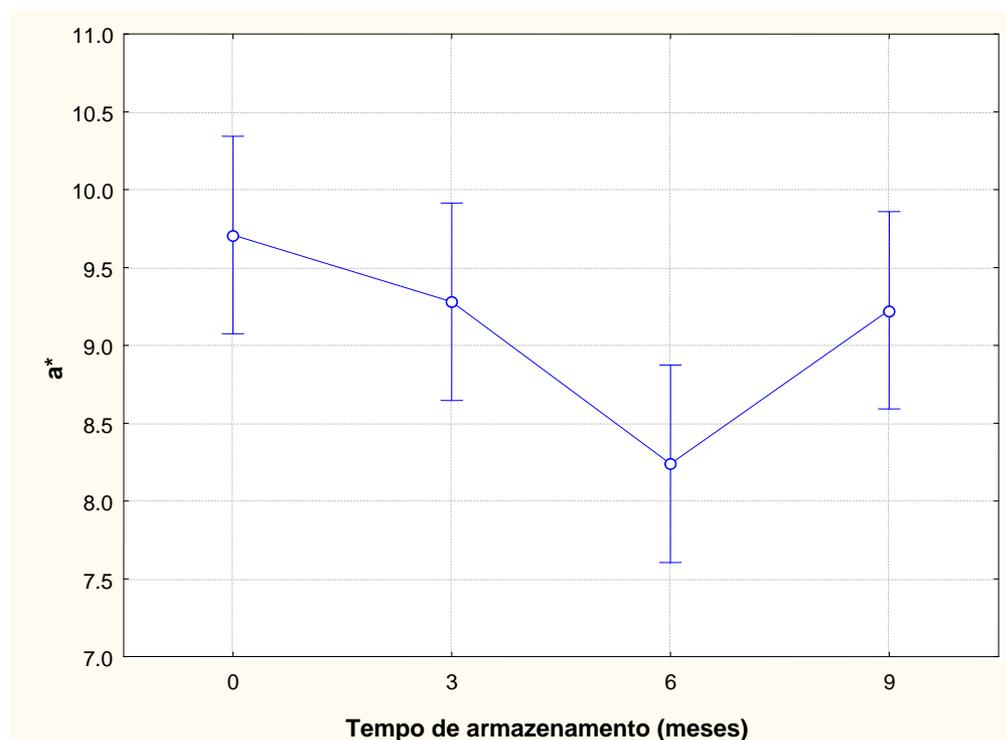


Figura 13 - Valores médios do parâmetro de cor  $a^*$  de carne de frango crua, por tempo de armazenamento

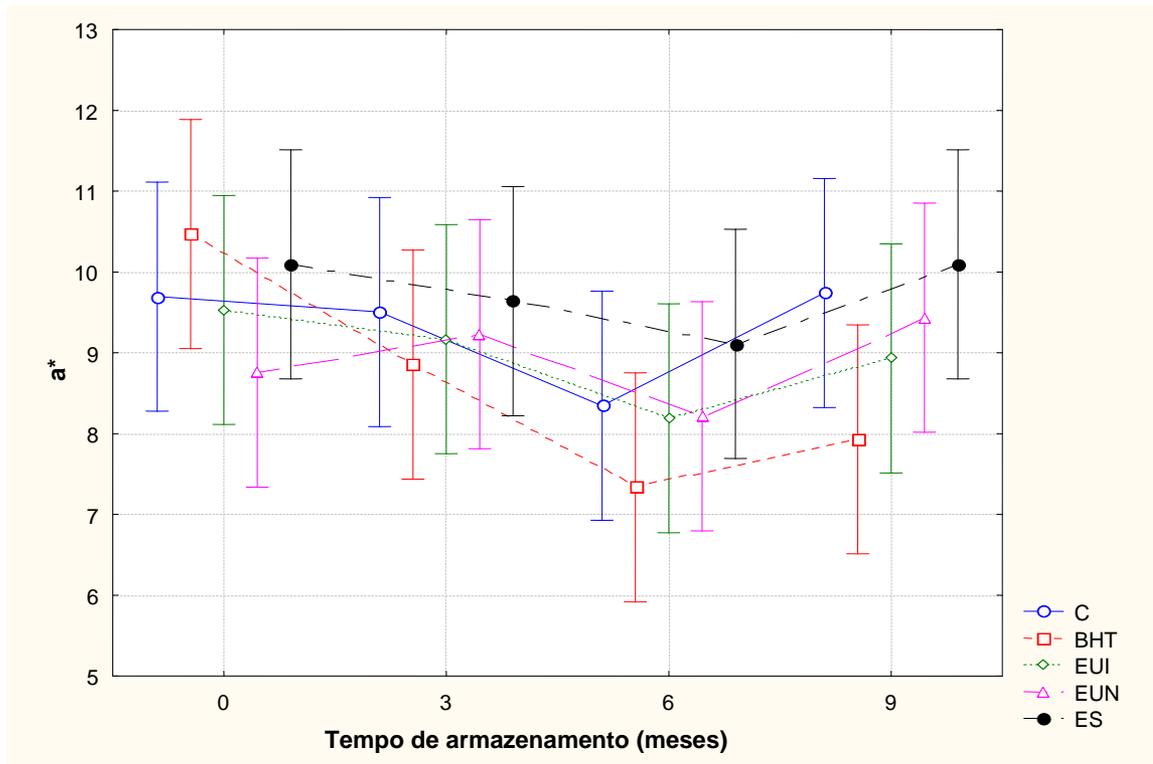


Figura 14 - Valores médios do parâmetro de cor  $a^*$  de carne de frango crua, por tratamento e tempo de armazenamento

Diversos autores sustentam que existe uma interdependência entre a oxidação lipídica e a oxidação da cor em carnes. A oxidação do pigmento pode catalisar a oxidação lipídica, assim como os radicais livres produzidos durante a oxidação podem oxidar o átomo de ferro ou desnaturar a molécula de mioglobina, alterando negativamente a cor dos produtos (JAKOBSEN; BERTELSEN, 2000; LOVE, 1983; LYNCH; FAUSTMAN, 2000). O'Grady et al. (2001) estudaram a relação entre a oxidação da oximioglobina e a oxidação lipídica em músculo bovino e verificaram que a adição de  $\alpha$ -tocoferol reduziu a oxidação tanto de lipídeos, como dos pigmentos heme, suportando a alegação de que a oxidação lipídica é um importante contribuinte para a oxidação do pigmento e descoloração das carnes. Uma vez que no presente trabalho os valores de TBARS das amostras cruas aumentaram durante o tempo de armazenamento, essa tendência de queda nos valores de  $a^*$  pode ser decorrente da interferência da oxidação lipídica na oxidação da mioglobina das amostras. Além disso, a temperatura de armazenamento pode ter afetado o valor de  $a^*$  durante os nove meses de armazenamento do produto, já que segundo Young e West (2001) a cor da carne armazenada sob congelamento se torna vermelha escura (vermelha-amarronzada),

resultante da combinação de baixa reflexão da luz, desidratação da superfície e formação de metamioglobina.

Através da Tabela 10, observa-se que as médias dos valores de  $b^*$  (intensidade de cor amarela) não apresentaram diferenças significativas entre os tratamentos ( $p>0,05$ ), indicando que a adição de extratos não afetou o valor de  $b^*$  de carne de frango crua. Este resultado concorda com o estudo de Carpenter et al. (2007), que também não verificou alteração significativa nos valores de  $b^*$  de amostras de carne de porco cruas com adição de extrato de semente de uva.

Tabela 10 - Média ( $\pm$ desvio padrão) do parâmetro de cor  $b^*$  de carne de frango crua, segundo tratamento e tempo de armazenamento

| Tratamento                        | Tempo de armazenamento (meses) |                  |                  |                  | Média              |
|-----------------------------------|--------------------------------|------------------|------------------|------------------|--------------------|
|                                   | 0                              | 3                | 6                | 9                |                    |
| <b><math>b^*</math> (amarelo)</b> |                                |                  |                  |                  |                    |
| C                                 | 15,59 $\pm$ 1,43               | 14,47 $\pm$ 0,89 | 14,22 $\pm$ 2,18 | 13,13 $\pm$ 0,01 | 14,35 <sup>a</sup> |
| BHT                               | 15,39 $\pm$ 0,92               | 15,22 $\pm$ 0,25 | 16,40 $\pm$ 2,33 | 16,46 $\pm$ 1,32 | 15,87 <sup>a</sup> |
| EUI                               | 12,81 $\pm$ 3,30               | 12,18 $\pm$ 2,51 | 11,97 $\pm$ 4,07 | 12,02 $\pm$ 2,47 | 12,25 <sup>a</sup> |
| EUN                               | 13,84 $\pm$ 3,46               | 12,81 $\pm$ 3,08 | 12,69 $\pm$ 4,00 | 13,36 $\pm$ 2,74 | 13,18 <sup>a</sup> |
| ES                                | 14,49 $\pm$ 3,18               | 13,40 $\pm$ 2,79 | 12,95 $\pm$ 5,34 | 13,90 $\pm$ 3,49 | 13,69 <sup>a</sup> |
| Média                             | 14,42                          | 13,62            | 13,65            | 13,77            |                    |

Médias seguidas de letras diferentes na mesma linha ou coluna diferem estatisticamente ( $p<0,05$ ) pelo teste de Tukey. C: controle; BHT: butilhidroxitolueno; EUI: extrato de semente e casca de uva Isabel; EUN: extrato de semente e casca de uva Niágara; ES: eritorbato de sódio, ácido cítrico e açúcar.

Entretanto, Rojas e Brewer (2008), avaliando carne de porco e de carne bovina crua e Shan et al. (2009) avaliando carne de porco crua, verificaram redução e aumento nos valores  $b^*$ , respectivamente, de amostras com adição de extrato de semente de uva, em relação ao controle. Esta discordância entre os estudos citados e a presente pesquisa, novamente pode ser decorrente das diferenças de coloração dos extratos de semente de uva utilizados, uma vez que nos dois trabalhos citados foram utilizados produtos comerciais de marcas diferentes. Além disso, a coloração das espécies estudadas (boi, porco, ave) difere quanto à concentração de mioglobina, e podem ter interagido de forma diferente com os pigmentos do extrato de semente de uva.

Não houve diferença significativa durante o período de armazenamento das amostras ( $p>0,05$ ), ou seja, nenhum dos tratamentos analisados apresentou mudanças significativas no valor de  $b^*$ , ao longo do período de armazenamento (Tabela 10).

De forma geral, os resultados da análise instrumental de cor de amostras cruas apresentaram resultados satisfatórios, já que a adição de ambos os extratos não promoveu

alteração significativa nos parâmetros L\*, a\* e b\* das amostras de carne de frango, com exceção do parâmetro a\*, considerando o tempo de armazenamento.

#### 4.4 Avaliação do pH

##### 4.4.1 Avaliação do pH de carne de frango processada e cozida

A análise da variância dos dados de pH indicou que não houve diferença significativa entre os tratamentos ( $p > 0,05$ ), porém houve efeito significativo do tempo de armazenamento ( $p < 0,05$ ) (Tabela 11).

Tabela 11 - Média ( $\pm$ desvio padrão) do valor de pH de carne de frango cozida, segundo tratamento e tempo de armazenamento

| Tratamento | pH                             |                 |                 |                 | Média             |
|------------|--------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-------------------|
|            | Tempo de armazenamento (meses) |                 |                 |                 |                   |
|            | 0                              | 3               | 6               | 9               |                   |
| C          | 6,41 $\pm$ 0,18                | 6,63 $\pm$ 0,18 | 6,50 $\pm$ 0,10 | 6,50 $\pm$ 0,16 | 6,51 <sup>a</sup> |
| BHT        | 6,47 $\pm$ 0,10                | 6,63 $\pm$ 0,17 | 6,52 $\pm$ 0,10 | 6,44 $\pm$ 0,20 | 6,52 <sup>a</sup> |
| EUI        | 6,49 $\pm$ 0,06                | 6,53 $\pm$ 0,10 | 6,46 $\pm$ 0,11 | 6,42 $\pm$ 0,14 | 6,48 <sup>a</sup> |
| EUN        | 6,41 $\pm$ 0,17                | 6,56 $\pm$ 0,15 | 6,50 $\pm$ 0,12 | 6,40 $\pm$ 0,18 | 6,47 <sup>a</sup> |
| ES         | 6,55 $\pm$ 0,06                | 6,61 $\pm$ 0,17 | 6,44 $\pm$ 0,17 | 6,44 $\pm$ 0,15 | 6,51 <sup>a</sup> |
| Média      | 6,47                           | 6,59            | 6,48            | 6,44            |                   |

Médias seguidas de letras diferentes na mesma linha ou coluna diferem estatisticamente ( $p < 0,05$ ) pelo teste de Tukey. C: controle; BHT: butilhidroxitolueno; EUI: extrato de semente e casca de uva Isabel; EUN: extrato de semente e casca de uva Niágara; ES: eritorbato de sódio, ácido cítrico e açúcar.

Através da Tabela 11, observa-se que o pH do extrato de uva de ambas as variedades não interferiu no pH das amostras de carne de frango. Durante o período de armazenamento congelado, o pH da carne, nos diversos tratamentos, variou de 6,44 a 6,59 (Figuras 15 e 16). Apesar de ter ocorrido diferença estatística significativa ( $p < 0,05$ ) durante o período de armazenamento, diferenças de 0,15 em valores de pH não se consideram significativas a nível prático, já que segundo a literatura, os valores normais de pH para coxa de frango variam entre 6,4 e 6,7 (OLIVO, 2006), enquanto que para carne de sobrecoxa variam de 5,8 a 6,2 (BERAQUET, 2000).

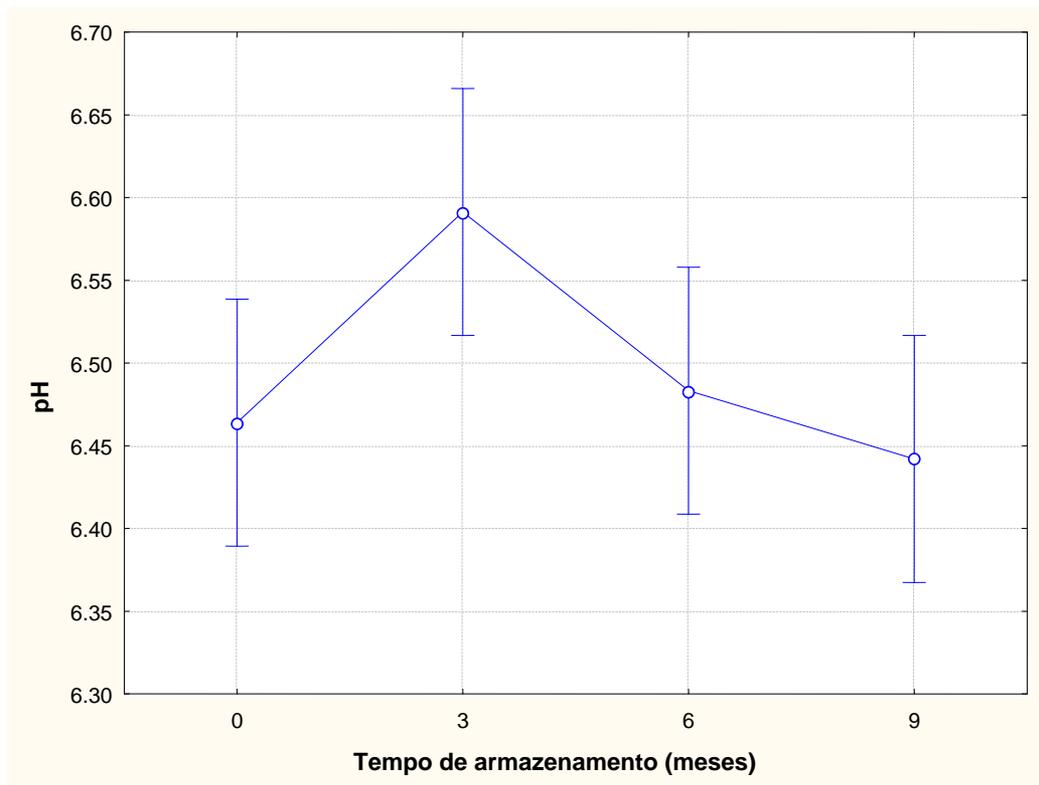


Figura 15 - Valores médios de pH de carne de frango cozida, por mês de armazenamento

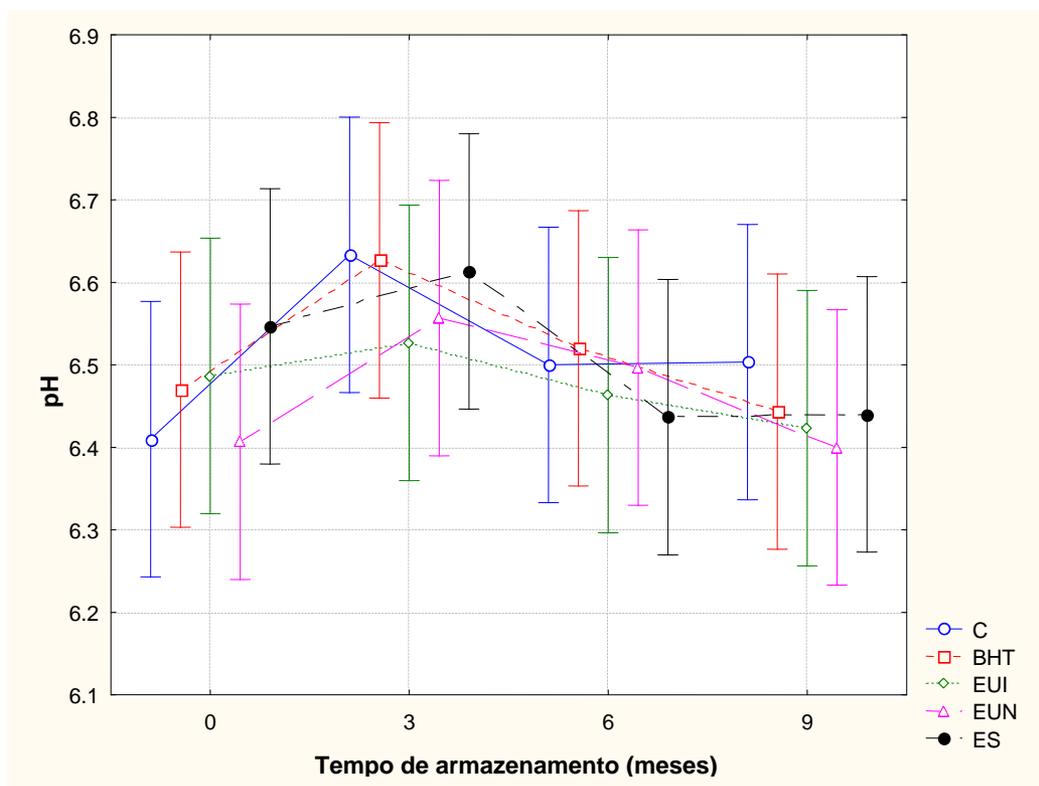


Figura 16 - Valores médios de pH de carne de frango cozida, por tratamento e tempo de armazenamento

Os valores de pH da presente pesquisa mostraram-se mais elevados que os encontrados por Rababah et al. (2006) em carne de peito de frango marinada com extrato de semente de uva comercial, os quais apresentaram-se próximos de 6,0 em todas as amostras. Esta diferença pode ser decorrente do corte utilizado, já que a carne de coxa e sobrecoxa de frango, devido à presença de fibras vermelhas e metabolismo oxidativo, favorecem um pH mais elevado em relação à carne de peito (PRICE; SCHWIEGERT, 1994). Assim como no presente estudo, não houve diferença significativa entre os tratamentos ( $p>0,05$ ) analisados por estes autores.

Estudos de Rojas e Brewer (2007) com carne bovina e suína cozida refrigerada, Sasse, Colindres e Brewer (2009), com carne de porco cozida e congelada e Brannan (2009) e Shirahigue (2008) com carne de frango cozida e refrigerada também não verificaram alteração significativa nos valores de pH de amostras adicionadas de extrato de semente de uva, corroborando com os dados desta pesquisa.

#### 4.4.2 Avaliação do pH de carne de frango processada crua

Os resultados da análise da variância dos valores de pH mostraram que não houve efeito significativo do tratamento ( $p>0,05$ ), ou seja, a adição de extratos de uva não afetou o valor do pH das amostras de carne de frango crua (Tabela 12).

Tabela 12 - Média ( $\pm$ desvio padrão) do valor de pH de carne de frango crua, segundo tratamento e tempo de armazenamento

| Tratamento | pH                             |                 |                 |                 | Média             |
|------------|--------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-------------------|
|            | Tempo de armazenamento (meses) |                 |                 |                 |                   |
|            | 0                              | 3               | 6               | 9               |                   |
| C          | 6,23 $\pm$ 0,04                | 6,49 $\pm$ 0,10 | 6,26 $\pm$ 0,21 | 6,31 $\pm$ 0,13 | 6,32 <sup>a</sup> |
| BHT        | 6,17 $\pm$ 0,04                | 6,52 $\pm$ 0,04 | 6,30 $\pm$ 0,05 | 6,34 $\pm$ 0,14 | 6,33 <sup>a</sup> |
| EUI        | 6,16 $\pm$ 0,06                | 6,52 $\pm$ 0,06 | 6,25 $\pm$ 0,16 | 6,27 $\pm$ 0,16 | 6,30 <sup>a</sup> |
| EUN        | 6,30 $\pm$ 0,18                | 6,52 $\pm$ 0,18 | 6,36 $\pm$ 0,13 | 6,30 $\pm$ 0,14 | 6,37 <sup>a</sup> |
| ES         | 6,08 $\pm$ 0,18                | 6,50 $\pm$ 0,05 | 6,37 $\pm$ 0,08 | 6,25 $\pm$ 0,15 | 6,30 <sup>a</sup> |
| Média      | 6,19                           | 6,51            | 6,31            | 6,29            |                   |

Médias seguidas de letras diferentes na mesma linha ou coluna diferem estatisticamente ( $p<0,05$ ) pelo teste de Tukey. C: controle; BHT: butilhidroxitolueno; EUI: extrato de semente e casca de uva Isabel; EUN: extrato de semente e casca de uva Niágara; ES: eritorbato de sódio, ácido cítrico e açúcar.

Quanto ao tempo de armazenamento, este fator apresentou efeito significativo ( $p<0,05$ ). Através das Figuras 17 e 18 pode-se observar tendência de aumento nos valores de pH, em todos os tratamentos avaliados, durante os 9 meses de congelamento. O aumento de pH deste estudo

concorda com o observado por Asku et al. (2005) e Brannan (2008) em carne de frango refrigerada, o qual é atribuído ao aumento nas contagens de microrganismos psicrotróficos produtores de protease. Quando inicia-se a produção de proteases pelas bactérias, estas passam da utilização da glicose à utilização de aminoácidos como substrato de crescimento. A utilização destes compostos leva ao aumento no pH, devido à formação de amoníaco e aminas (TERRA; BRUM, 1988).

Ainda assim, diferenças de aproximadamente 0,3 em valores de pH (6,19 no mês zero e 6,51 no mês três), não se consideram significativas a nível prático, sendo estes valores considerados normais para coxa e sobrecoxa de frango.

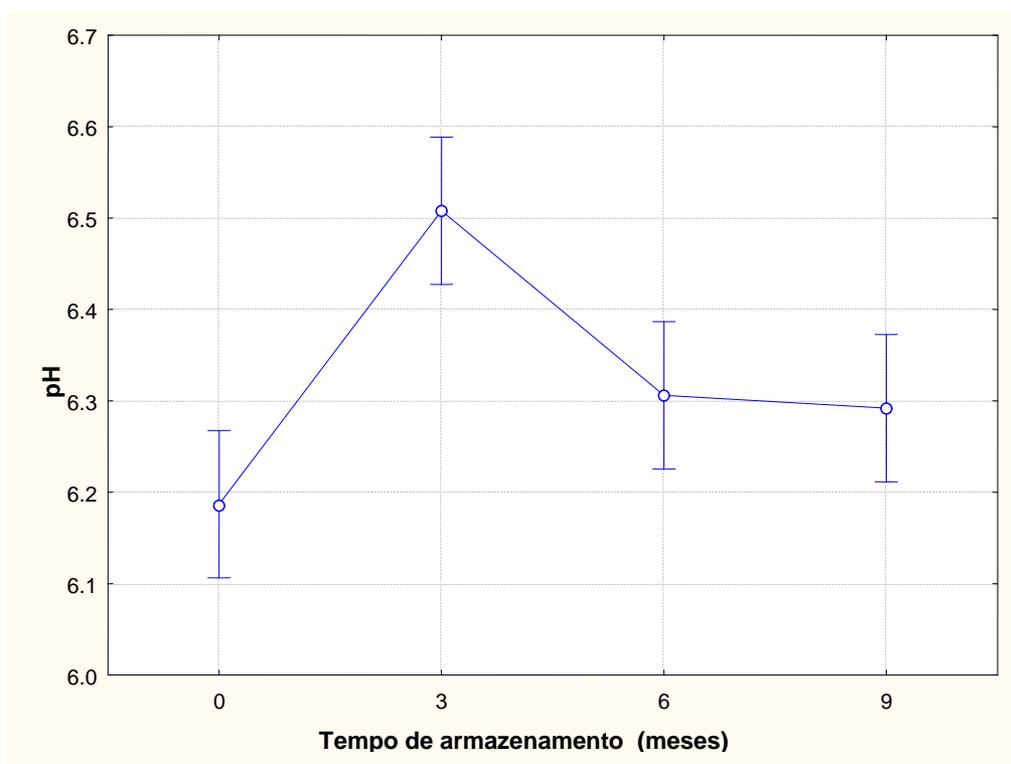


Figura 17 - Valores médios de pH de carne de frango crua, por tempo de armazenamento

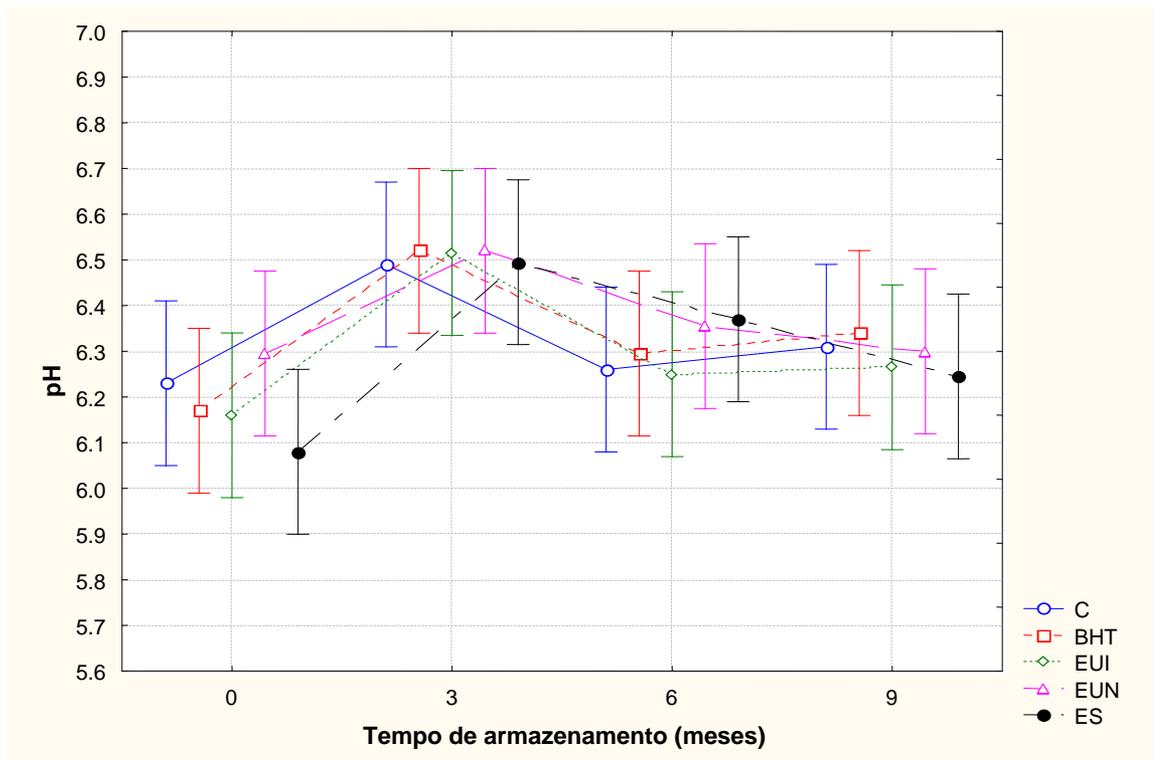


Figura 18 - Valores médios de pH de carne de frango crua, por tratamento e tempo de armazenamento

Não foram encontrados na literatura estudos que avaliassem o valor de pH de carne de frango crua com adição de extrato de uva, para efeito de comparação.

Assim como neste estudo, Carpenter et al. (2007), estudando carne de porco crua e refrigerada, não encontraram diferença significativa no valor de pH decorrente da adição do extrato de semente de uva. Entretanto, diferentemente da presente pesquisa, os valores de pH decresceram durante o período de armazenamento refrigerado (12 dias).

#### 4.5 Determinação da oxidação lipídica (TBARS)

##### 4.5.1 Determinação da oxidação lipídica de carne de frango processada e cozida

Os resultados da análise da variância dos valores de TBARS para carne de frango cozida mostraram que houve efeito significativo dos tratamentos ( $p < 0,05$ ), porém não houve efeito significativo do tempo de armazenamento e nem efeito de interação ( $p > 0,05$ ).

Através da Tabela 13 e Figura 19, observa-se que o tratamento controle apresentou média significativamente maior ( $p < 0,05$ ) do valor de TBARS em relação aos demais tratamentos com

antioxidantes. Não houve diferença significativa ( $p > 0,05$ ) entre os tratamentos com antioxidantes sintéticos (BHT e ES) e os tratamentos com extratos naturais (EUI e EUN), indicando a eficiência dos extratos de semente e casca de uva como antioxidante em carne de frango. Essa eficiência pode ser explicada pelo estudo de Shirahigue (2008), que avaliou os extratos de semente e casca de uva das variedades Isabel e Niágara e encontrou quantidades consideráveis dos flavonóides catequina e epicatequina, os quais atuam como antioxidantes, neutralizando os radicais livres, inclusive o superóxido e o radical hidroxil (BAGCHI et al., 1997). A propriedade redox dos flavonóides também permite que eles atuem como agentes redutores e em alguns casos como quelantes de metais de transição (ARORA; NAIR; STRASTBURG, 1998).

Tabela 13 - Média ( $\pm$ desvio padrão) do valor de TBARS de carne de frango cozida, segundo tratamento e tempo de armazenamento

| Tratamento | TBARS (mg malonaldeído/kg amostra) |                 |                 |                 | Média             |
|------------|------------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-------------------|
|            | Tempo de armazenamento (meses)     |                 |                 |                 |                   |
|            | 0                                  | 3               | 6               | 9               |                   |
| C          | 4,75 $\pm$ 2,37                    | 7,24 $\pm$ 1,19 | 7,83 $\pm$ 0,81 | 7,71 $\pm$ 1,68 | 6,88 <sup>a</sup> |
| BHT        | 0,84 $\pm$ 1,37                    | 0,90 $\pm$ 0,24 | 0,86 $\pm$ 0,97 | 0,91 $\pm$ 0,73 | 0,88 <sup>b</sup> |
| EUI        | 1,66 $\pm$ 1,72                    | 2,04 $\pm$ 1,15 | 1,86 $\pm$ 0,92 | 2,24 $\pm$ 1,38 | 1,95 <sup>b</sup> |
| EUN        | 1,35 $\pm$ 1,48                    | 1,79 $\pm$ 1,34 | 1,50 $\pm$ 1,36 | 2,12 $\pm$ 1,53 | 1,69 <sup>b</sup> |
| ES         | 1,42 $\pm$ 2,19                    | 0,83 $\pm$ 1,26 | 0,94 $\pm$ 1,02 | 1,88 $\pm$ 2,38 | 1,27 <sup>b</sup> |
| Média      | 2,00                               | 2,54            | 2,60            | 2,97            |                   |

Médias seguidas de letras diferentes na mesma linha ou coluna diferem estatisticamente ( $p < 0,05$ ) pelo teste de Tukey. C: controle; BHT: butilhidroxitolueno; EUI: extrato de semente e casca de uva Isabel; EUN: extrato de semente e casca de uva Niágara; ES: eritorbato de sódio, ácido cítrico e açúcar.

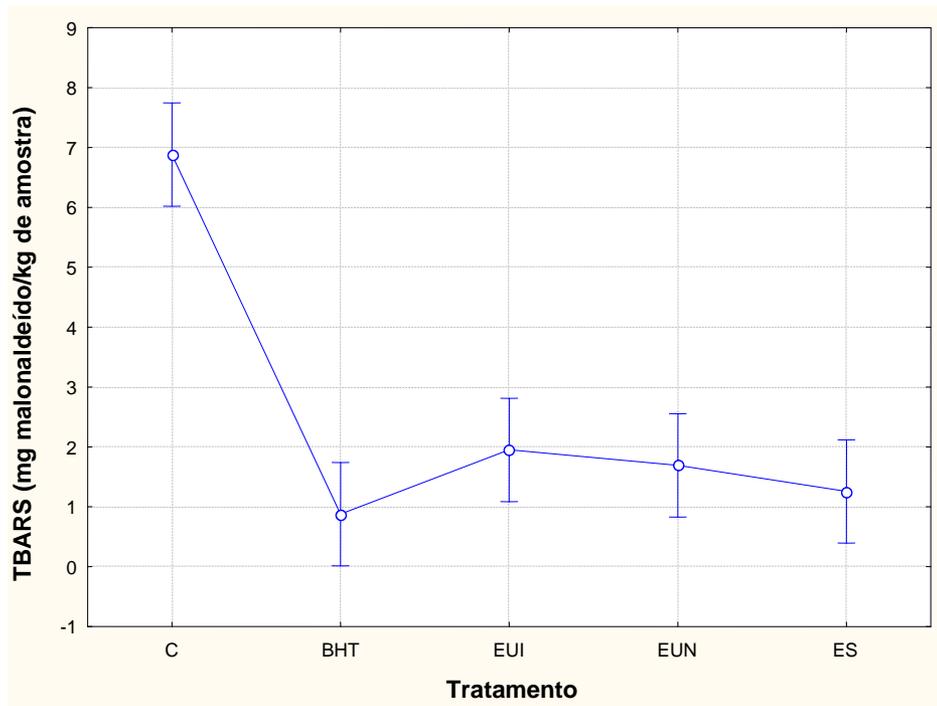


Figura 19 - Valores médios de TBARS de carne de frango cozida, por tratamento

Na Figura 20 pode-se observar como os níveis médios do valor de TBARS no tratamento controle foram significativamente maiores ( $p < 0,05$ ) que os dos tratamentos com antioxidantes em todos os tempos de armazenamento. Observa-se também que, nos tratamentos com antioxidantes, sejam sintéticos ou naturais, não ocorreram variações significativas nos valores de TBARS ( $p > 0,05$ ), os quais apresentaram níveis semelhantes ao longo do tempo, indicando eficiência na proteção contra a oxidação lipídica da carne de frango durante os 9 meses de congelamento.

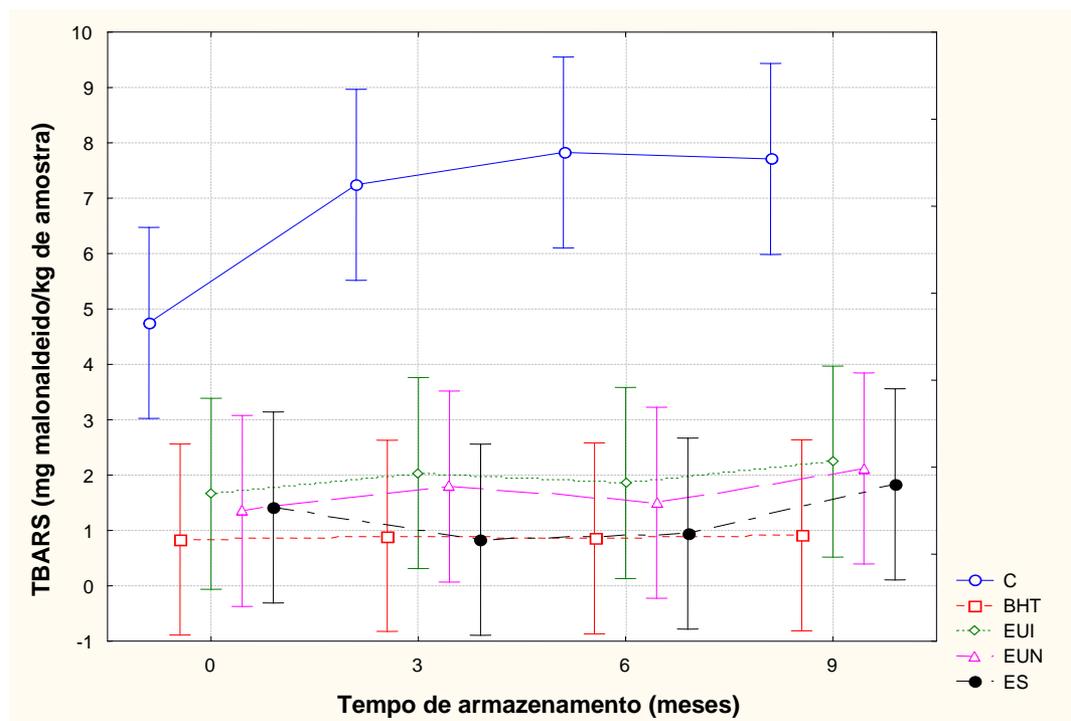


Figura 20 - Valores médios de TBARS de carne de frango cozida, por tratamento e tempo de armazenamento

Em alguns tratamentos foi observado decréscimo nos valores de TBARS durante o período de armazenamento (Tabela 13 e Figura 20). Este decréscimo devido ao armazenamento prolongado já havia sido relatado anteriormente. Rao et al. (1996) observou redução nos valores das TBARS em carne de búfalo crua, entre 30 e 60 dias de armazenamento sob congelamento, e esta redução foi atribuída às interações com as proteínas presentes no alimento. De acordo com Shamberger, Shamberger e Willis (1977), o malonaldeído pode combinar-se com outros componentes químicos dos alimentos, tais como as proteínas, formando compostos muito estáveis, que podem conduzir a uma subestimação do valor final de TBARS.

O controle do desenvolvimento da oxidação lipídica de carnes, decorrente da utilização do extrato de bagaço uva, foi verificado pelos estudos de Lau e King (2003) e Rababah et al. (2006) em carne de frango cozida e refrigerada, Ahn, Grun e Mustapha (2007) e Rojas e Brewer (2007) em carne bovina cozida e refrigerada, Sasse, Colindres e Brewer (2009), em carne de porco cozida e congelada e Carpenter et al. (2007) e Rojas e Brewer (2007), em carne de porco cozida e refrigerada, confirmando os resultados da presente pesquisa e indicando a eficiência do extrato de semente de uva como antioxidante natural em carnes cozidas.

Neste estudo, no sexto mês de armazenamento das amostras cozidas, houve redução nos valores de TBARS de aproximadamente 76% no tratamento EUI e 80% no tratamento EUN, em relação ao controle. Estes valores foram próximos aos encontrados por Brannan e Mah (2007), utilizando extrato de semente de uva comercial (95% de flavonóides) em carne de frango (peito e coxa), que verificaram redução nos valores de TBARS de amostras cozidas em 79% (tratamento com 1% de extrato de uva) e 62% (tratamento com 0,1% de extrato de uva) em relação ao controle, ao final do tempo de armazenamento (6 meses). Estes resultados mostram que os extratos utilizados na presente pesquisa, obtidos diretamente dos resíduos e sem tratamentos adicionais para sua purificação, apresentaram resultados comparáveis a um produto comercial, com 95% de flavonóides.

Além disso, os valores de TBARS das duas pesquisas mostraram-se semelhantes após 6 meses de congelamento: Brannan e Mah (2007), encontraram valores de 4,5  $\mu\text{mol}$  malonaldeído/kg de carne, que equivale a 1 mg malonaldeído/kg de carne (1% extrato de semente de uva) e o presente estudo apresentou valores de 1,86 mg MDA/kg de carne para o tratamento EUI e 1,50 mg MDA/kg de carne para o tratamento EUN.

Discordando dos resultados encontrados por esta pesquisa, que não verificou diferença significativa entre os tratamentos com antioxidantes naturais e antioxidantes sintéticos, o trabalho realizado por Rababah et al. (2006) com adição de diferentes antioxidantes (extrato de semente de uva comercial, extrato de chá verde e TBHQ) em carne de frango cozida e refrigerada, mostrou que o TBHQ foi o antioxidante mais eficiente na redução da oxidação lipídica das amostras. Esta diferença nos resultados dos dois experimentos pode ser decorrente da qualidade do bagaço de uva, em que fatores como maturação, variedade, práticas de cultivo, origem geográfica, estágio de crescimento, condições de colheita e processo de armazenamento da fruta irão influenciar no conteúdo total de compostos fenólicos (KIM; JEONG; LEE, 2003). O tipo de antioxidante sintético usado também pode ter influenciado, já que segundo Chahine e Macneill (1974), o TBHQ é tão efetivo quanto o BHA e mais efetivo que o BHT ou PG em gordura animal. Além disso, as diferenças também podem ser decorrentes do solvente, já que segundo Yanishlieva et al. (1997), a eficiência da extração e a determinação da atividade antioxidante dos extratos dependem do tipo de solvente utilizado, devido às diferenças existentes nos potenciais antioxidantes e à polaridade dos compostos.

Através do presente estudo, que indicou a eficiência do extrato de bagaço de uva como antioxidante natural quando adicionado durante o processamento de produto de frango, e do estudo de Sayágo-Ayerdi et. al (2009), que verificou redução na oxidação lipídica de produto de frango obtido de aves alimentadas com bagaço de uva, observa-se que o antioxidante natural estudado tem amplo espectro de utilização, apresentando ação antioxidante efetiva em produtos cárneos quando adicionado à dieta dos animais ou quando adicionados diretamente à carne.

#### 4.5.2 Determinação da oxidação lipídica de carne de frango processada crua

Em amostras cruas, a análise de variância mostrou que houve efeito significativo do tratamento e do tempo de armazenamento ( $p < 0,05$ ) (Tabela 14).

O tratamento BHT foi o único que diferiu significativamente ( $p < 0,05$ ) do controle, apresentando o menor valor de TBARS. Os tratamentos EUI e EUN não apresentaram diferença significativa em relação ao controle, mas também não se diferenciaram dos tratamentos com antioxidantes sintéticos ( $p > 0,05$ ) (Tabela 14 e Figura 21), indicando que houve pouca diferença na oxidação lipídica entre produtos com extratos de uva, antioxidantes sintéticos e o controle. Uma vez que em produtos crus, congelados e embalados a vácuo, como o estudado nesta pesquisa, o desenvolvimento da oxidação lipídica é altamente desfavorecido, ocorrendo a baixas velocidades, a ação dos antioxidantes não apresentou tanto efeito no controle da oxidação.

Estes resultados indicam que os extratos de semente e casca de uvas Isabel e Niágara são comparáveis aos antioxidantes comerciais comumente utilizados, mas que sua ação é mais efetiva em amostras cozidas, quando a oxidação é induzida pelo cozimento.

Tabela 14 - Média ( $\pm$ desvio padrão) dos valores de TBARS de carne de frango crua, segundo tratamento e tempo de armazenamento

| Tratamento | TBARS (mg malonaldeído/kg amostra) |                 |                 |                 | Média              |
|------------|------------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|--------------------|
|            | Tempo de armazenamento (meses)     |                 |                 |                 |                    |
|            | 0                                  | 3               | 6               | 9               |                    |
| C          | 0,24 $\pm$ 0,13                    | 0,42 $\pm$ 0,06 | 1,48 $\pm$ 1,51 | 1,29 $\pm$ 0,91 | 0,86 <sup>a</sup>  |
| BHT        | 0,10 $\pm$ 0,06                    | 0,08 $\pm$ 0,01 | 0,21 $\pm$ 0,04 | 0,13 $\pm$ 0,01 | 0,13 <sup>b</sup>  |
| EUI        | 0,12 $\pm$ 0,02                    | 0,25 $\pm$ 0,04 | 0,58 $\pm$ 0,17 | 0,81 $\pm$ 0,40 | 0,43 <sup>ab</sup> |
| EUN        | 0,10 $\pm$ 0,01                    | 0,29 $\pm$ 0,04 | 0,75 $\pm$ 0,55 | 0,81 $\pm$ 0,30 | 0,49 <sup>ab</sup> |
| ES         | 0,10 $\pm$ 0,06                    | 0,19 $\pm$ 0,02 | 0,54 $\pm$ 0,12 | 0,70 $\pm$ 0,13 | 0,38 <sup>ab</sup> |
| Média      | 0,13                               | 0,24            | 0,71            | 0,74            |                    |

Médias seguidas de letras diferentes na mesma linha e coluna diferem estatisticamente ( $p < 0,05$ ) pelo teste de Tukey. C: controle; BHT: butilhidroxitolueno; EUI: extrato de semente e casca de uva Isabel; EUN: extrato de semente e casca de uva Niágara; ES: eritorbato de sódio, ácido cítrico e açúcar.

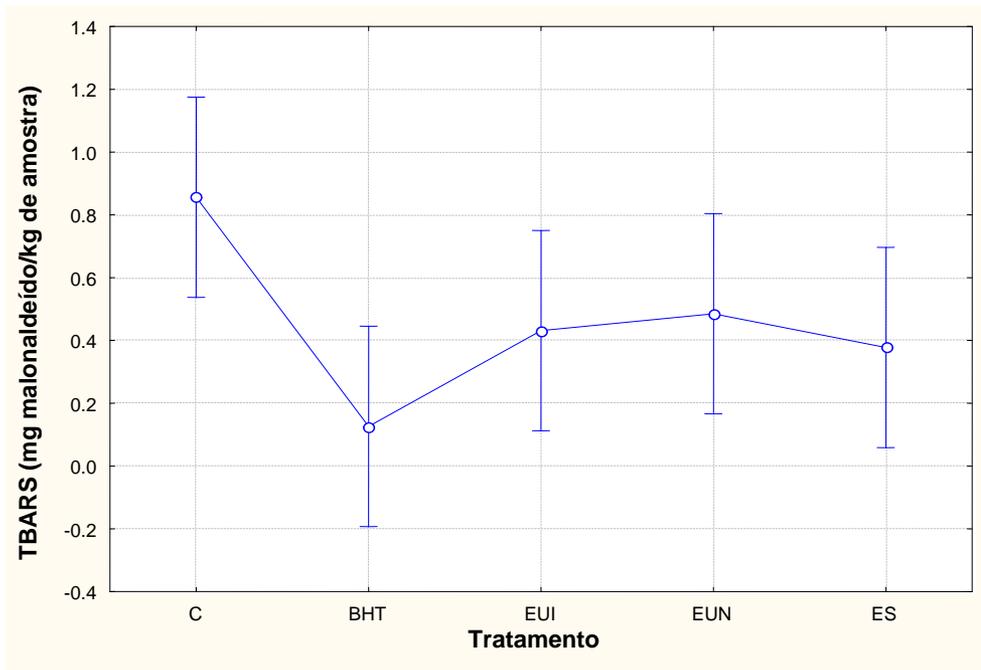


Figura 21 - Valores médios de TBARS de carne de frango crua, por tratamento

Apesar de não ter ocorrido diferença significativa ( $p > 0,05$ ) entre os antioxidantes naturais e o controle, os extratos de bagaço de uva, após 6 meses de congelamento, reduziram o valor de TBARS em 61% (extrato de semente e casca de uva Isabel) e em 49% (extrato de semente e casca de uva Niágara) comparado ao tratamento sem antioxidante. Estes valores são próximos aos encontrados pela pesquisa de Brannan e Mah (2007), que verificaram, ao final de 6 meses de congelamento, redução dos valores de TBARS de carne de frango crua em 49% (1% de extrato de uva) e 59% (0,1% de extrato de uva), em relação ao controle.

Em relação ao tempo de armazenamento, observa-se na Tabela 14 e Figura 22, que, em geral, os níveis médios do valor de TBARS tenderam aumentar ao longo do tempo, apresentando no início do experimento níveis médios de 0,13 e ao final do experimento (9 meses) níveis médios de 0,74. De acordo com Grau et al. (2000); Gomes et al. (2003) e Melton (1983), o desenvolvimento da rancidez oxidativa ocorre mesmo durante o armazenamento da carne de frango congelada, pois enquanto as reações deteriorativas (microbiológicas e enzimáticas) podem ser inibidas com o emprego de baixas temperaturas, a oxidação lipídica ocorre normalmente, embora numa velocidade reduzida.

Resultado semelhante foi encontrado por Brannan (2008) que verificou aumento significativo nos valores de TBARS de carne de frango, durante armazenamento refrigerado.

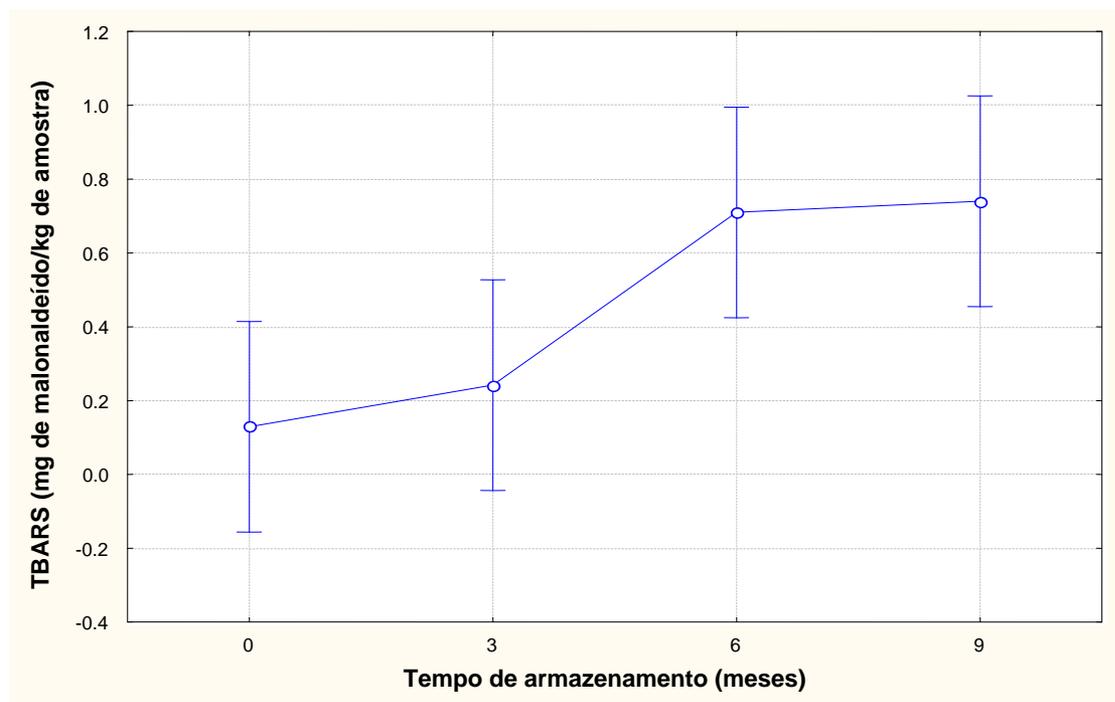


Figura 22 - Valores médios de TBARS de carne de frango crua, por tempo de armazenamento

Diferentemente deste estudo, que não observou diferença significativa ( $p < 0,05$ ) entre o controle e os tratamentos EUI e EUN, trabalhos que avaliaram a adição de extrato de semente de uva em carne crua, como a pesquisa de Carpenter et al. (2007) com carne de porco, de Rojas e Brewer (2008) em carne bovina e suína e de Brannan e Mah (2007) e Brannan (2008) com carne de frango, verificaram redução significativa nos valores de TBARS de tratamentos com adição de extrato de uva em relação ao tratamento controle. Uma possível razão para as diferenças observadas entre os experimentos, conforme já citado, pode ser a qualidade dos extratos, o solvente empregado, o método utilizado para a extração dos compostos fenólicos, bem como a metodologia utilizada para determinação da oxidação lipídica.

Analisando cada tratamento durante o período de armazenamento das amostras (Figura 23), observa-se que o aumento no valor de TBARS foi mais acentuado no tratamento controle, e que o tratamento BHT apresentou maior estabilidade quanto à oxidação lipídica. Os tratamentos com extratos de uva e eritorbato de sódio se comportaram de maneira semelhante, apresentando ligeiro aumento nos valores de TBARS ao longo do tempo.

Assim, como observado em alguns tratamentos das amostras cozidas, em amostras cruas, especificamente nos tratamentos controle e BHT, foi verificada redução nos valores de TBARS do sexto para o nono mês de congelamento (Figura 23). Conforme citado anteriormente, esta redução

pode ser decorrente da interação do malonaldeído com as proteínas da carne, formando um composto estável que não é quantificado na análise, subestimando o valor de TBARS.

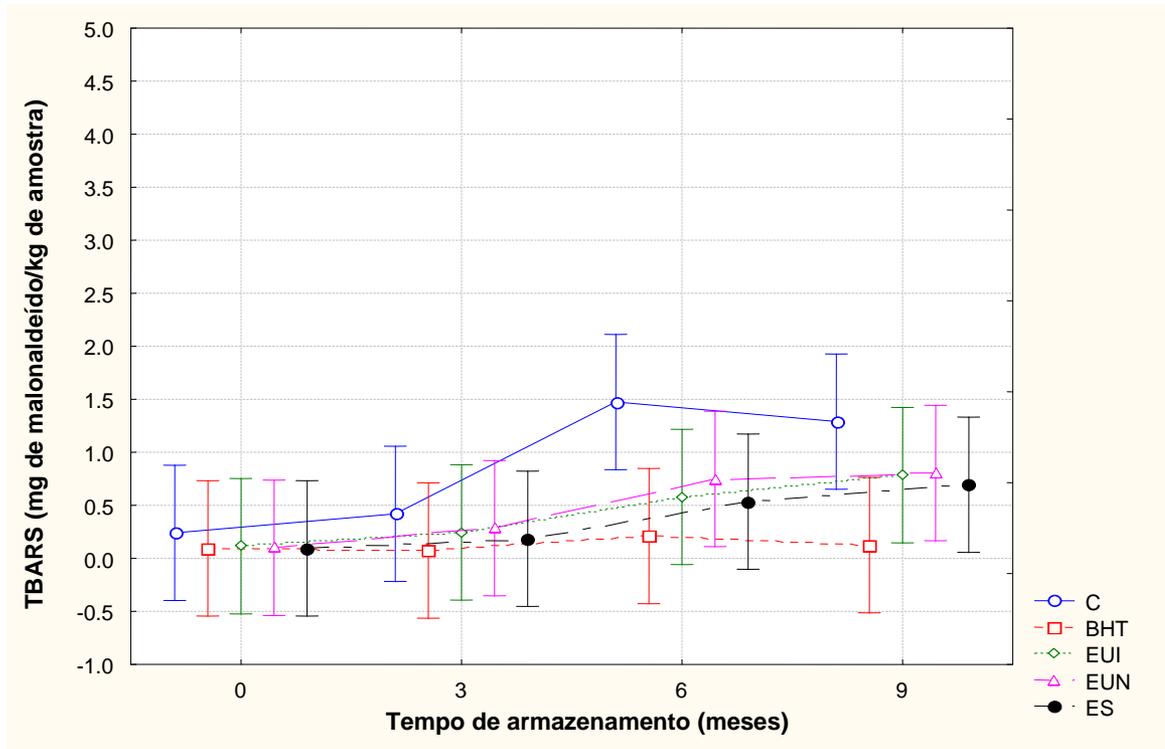


Figura 23 - Valores médios de TBARS de carne de frango crua, por tratamento e tempo de armazenamento

#### 4.6 Avaliação microbiológica

A análise microbiológica do produto cozido foi realizada após processamento e após 3, 6 e 9 meses de congelamento, com a finalidade de atestar a segurança das amostras para realização da análise sensorial.

A Tabela 15 mostra os resultados das análises microbiológicas do dia 1, das três repetições do processamento, em que foram realizadas as contagens de clostrídios sulfito redutores, coliformes totais, mesófilos aeróbios e anaeróbios, psicrotróficos aeróbios e anaeróbios, estafilococos coagulase positiva, enterobactérias e *Salmonella* spp.

Tabela 15 - Caracterização microbiológica das amostras de carne de frango cozida, após o processamento

| Processamento | Microrganismos                                    | Tratamentos |         |         |         |         |
|---------------|---------------------------------------------------|-------------|---------|---------|---------|---------|
|               |                                                   | C           | BHT     | EUI     | EUN     | ES      |
| 1             | Clostrídios sulfito redutores ( <i>log</i> UFC/g) | <1          | <1      | <1      | <1      | <1      |
|               | Coliformes totais (NMP/g)                         | <2          | <2      | <2      | <2      | <2      |
|               | Mesófilos aeróbios ( <i>log</i> UFC/g)            | 2,11        | 2,38    | 3,90    | 1,85    | 1,90    |
|               | Mesófilos anaeróbios ( <i>log</i> UFC/g)          | 2,00        | 2,11    | 2,04    | 1,30    | 1,95    |
|               | Psicotróficos aeróbios ( <i>log</i> UFC/g)        | 1,48        | 1,78    | 2,40    | <1      | 1,30    |
|               | Psicotróficos anaeróbios ( <i>log</i> UFC/g)      | 1,85        | 2,62    | 2,11    | 1       | 1,77    |
|               | Estafilococos coagulase + ( <i>log</i> UFC/g)     | <2          | <2      | <2      | <2      | <2      |
|               | Enterobactérias ( <i>log</i> UFC/g)               | <1          | <1      | <1      | <1      | <1      |
|               | <i>Salmonella</i> spp (25g)                       | Ausente     | Ausente | Ausente | Ausente | Ausente |
| 2             | Clostrídios sulfito redutores ( <i>log</i> UFC/g) | <1          | <1      | <1      | <1      | <1      |
|               | Coliformes totais (NMP/g)                         | <2          | <2      | <2      | <2      | <2      |
|               | Mesófilos aeróbios ( <i>log</i> UFC/g)            | <1          | 1,85    | 2,15    | 1,54    | 1,85    |
|               | Mesófilos anaeróbios ( <i>log</i> UFC/g)          | <1          | <1      | <1      | <1      | 1,74    |
|               | Psicotróficos aeróbios ( <i>log</i> UFC/g)        | 1,70        | 1,93    | 1,78    | 1,40    | 1,30    |
|               | Psicotróficos anaeróbios ( <i>log</i> UFC/g)      | <1          | 1,18    | 1,40    | <1      | 1,30    |
|               | Estafilococos coagulase + ( <i>log</i> UFC/g)     | 1,30        | 1,30    | <1      | <1      | <1      |
|               | Enterobactérias ( <i>log</i> UFC/g)               | <1          | <1      | <1      | <1      | <1      |
|               | <i>Salmonella</i> spp (25g)                       | Ausente     | Ausente | Ausente | Ausente | Ausente |
| 3             | Clostrídios sulfito redutores ( <i>log</i> UFC/g) | <1          | <1      | <1      | <1      | <1      |
|               | Coliformes totais (NMP/g)                         | <2          | <2      | <2      | <2      | <2      |
|               | Mesófilos aeróbios ( <i>log</i> UFC/g)            | 1,95        | 1,60    | <1      | 2,98    | <1      |
|               | Mesófilos anaeróbios ( <i>log</i> UFC/g)          | 1           | 1,54    | 1,88    | 1,60    | 2,08    |
|               | Psicotróficos aeróbios ( <i>log</i> UFC/g)        | 2,54        | 1,78    | 1,30    | 1,65    | 1,90    |
|               | Psicotróficos anaeróbios ( <i>log</i> UFC/g)      | <1          | 1,65    | <1      | 1,40    | <1      |
|               | Estafilococos coagulase + ( <i>log</i> UFC/g)     | <1          | <1      | <1      | <1      | <1      |
|               | Enterobactérias ( <i>log</i> UFC/g)               | <1          | <1      | <1      | <1      | <1      |
|               | <i>Salmonella</i> spp (25g)                       | Ausente     | Ausente | Ausente | Ausente | Ausente |

NMP – Número mais provável; UFC – Unidades formadoras de colônias.

C: controle; BHT: butilhidroxitolueno; EUI: extrato de semente e casca de uva Isabel; EUN: extrato de semente e casca de uva Niágara; ES: eritorbato de sódio, ácido cítrico e açúcar.

Todas as amostras apresentaram níveis de contaminação satisfatórios de acordo com a legislação brasileira RDC nº 12, de 12 de janeiro de 2001, da ANVISA (BRASIL, 2001), que estabelece para produtos cárneos crus, refrigerados ou congelados (hambúrgueres, almôndegas, quibe e similares) o limite de  $5 \times 10^3$  NMP/g de coliformes tolerantes a 45°C,  $5 \times 10^3$  UFC/g (ou 3,70 log) de estafilococos coagulase positiva,  $3 \times 10^3$  UFC/g (ou 3,48 log) de clostrídios sulfito redutores e ausência de *Salmonella* spp. em 25 g de carne e para produtos cárneos cozidos ou não, maturados ou não, fracionados ou fatiados, mantidos sob refrigeração o limite de  $10^5$  NMP/g de

coliformes tolerantes a 45°C,  $5 \times 10^2$  (ou 2,70 log) de clostrídios sulfito redutores a 46°C,  $5 \times 10^3$  UFC/g (ou 3,70 log) de estafilococos coagulase positiva e ausência de *Salmonella* spp. em 25 gramas de carne.

Para avaliar a qualidade microbiológica das amostras durante o armazenamento, após 3, 6 e 9 meses de congelamento, foram realizadas análises de coliformes totais, psicrotróficos aeróbios e anaeróbios, estafilococos coagulase positiva e enterobactérias.

Todas as amostras apresentaram níveis de contaminação satisfatórios de acordo com a legislação brasileira RDC nº 12, de 12 de janeiro de 2001 (BRASIL, 2001).

Durante todo o período de armazenamento, não houve aumento ou redução na contagem de coliformes totais, que se manteve a  $<2$  NMP/g, indicando a boa qualidade microbiológica das amostras quanto a este microrganismo.

As contagens de estafilococos coagulase positiva e enterobactérias mantiveram-se baixas e relativamente estáveis durante o período do armazenamento das amostras (Figura 24).

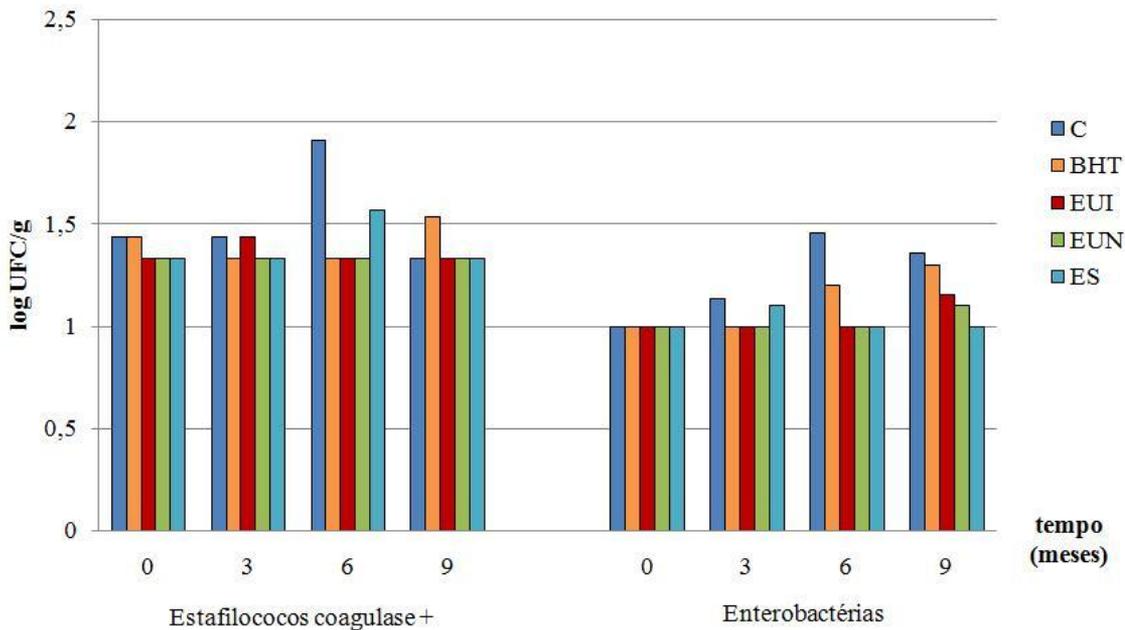


Figura 24 - Contagem média de estafilococos coagulase positiva e enterobactérias em carne de frango processada, durante o período de armazenamento congelado

Quanto aos microrganismos psicrotróficos (Figura 25), a contagem dos aeróbios aumentou do mês zero até o 3º mês de congelamento. Este aumento nas contagens pode ser explicado pelo crescimento de anaeróbios facultativos, devido à possível presença de um residual de oxigênio na

embalagem. Entretanto, do 6° ao 9° mês, houve uma queda nas contagens, o que já era esperado, devido à ausência de oxigênio no acondicionamento a vácuo.

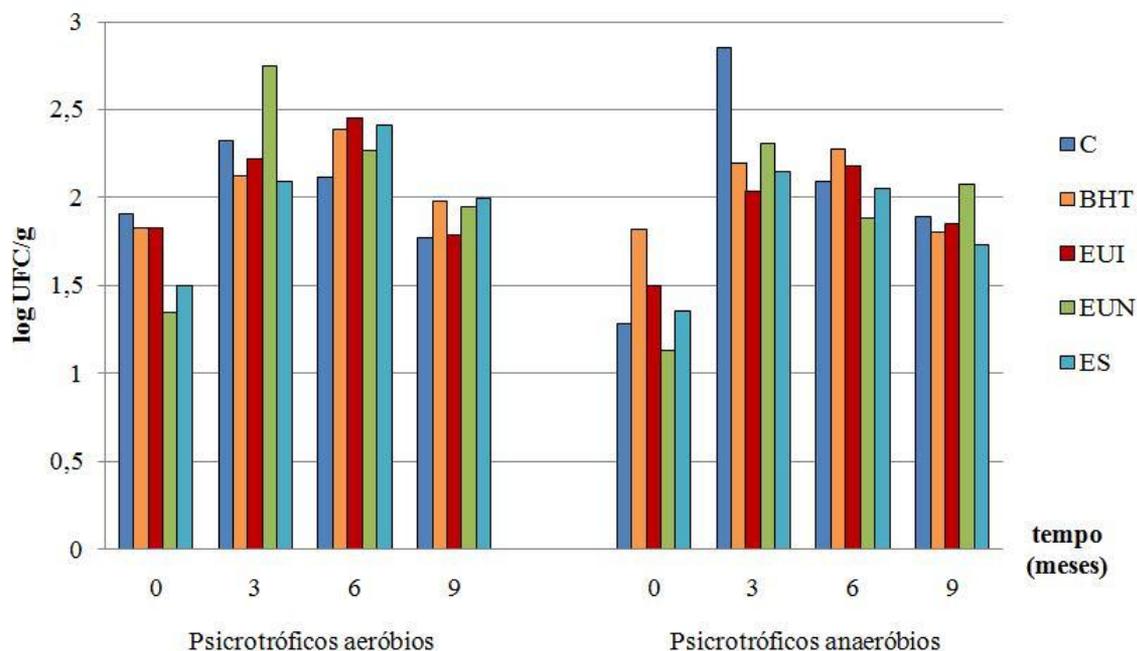


Figura 25 – Contagem média de psicotróficos aeróbios e anaeróbios em carne de frango processada, durante o período de armazenamento congelado

Os microrganismos psicotróficos anaeróbios apresentaram aumento substancial nas contagens do tempo 0 até o 3° mês de congelamento e ligeira queda nos tempos subsequentes. O aumento na contagem de psicotróficos anaeróbios pode ter ocorrido devido à ausência de oxigênio na embalagem, condição necessária para o desenvolvimento deste tipo de microrganismo.

De forma geral, as contagens microbianas de psicotróficos aeróbios e anaeróbios durante o armazenamento das amostras foram considerada baixas, indicando amostras em boas condições microbiológicas.

Assim como na caracterização das amostras, no 9° mês de congelamento, além das contagens citadas acima, foram realizadas também contagens de mesófilos aeróbios, mesófilos anaeróbios, clostrídios sulfito redutores e *Salmonella* spp. (Tabela 16).

As contagens destes microrganismos, ao final de 9 meses de congelamento apresentaram-se satisfatórias de acordo com a RDC nº 12, de 12 de janeiro de 2001 (BRASIL, 2001).

Tabela 16 – Contagem microbiológica das amostras de carne de frango cozida, após 9 meses de armazenamento congelado

| Processamento | Microrganismos                                    | Tratamentos |         |         |         |         |
|---------------|---------------------------------------------------|-------------|---------|---------|---------|---------|
|               |                                                   | C           | BHT     | EUI     | EUN     | ES      |
| 1             | Clostrídios sulfito redutores ( <i>log</i> UFC/g) | <1          | <1      | <1      | <1      | <1      |
|               | Coliformes totais (NMP/g)                         | <2          | <2      | <2      | <2      | <2      |
|               | Mesófilos aeróbios ( <i>log</i> UFC/g)            | 2           | 2,18    | 2,95    | 1,60    | 1,40    |
|               | Mesófilos anaeróbios ( <i>log</i> UFC/g)          | 1,93        | 2       | 1,90    | 1,30    | 1,70    |
|               | Psicrotróficos aeróbios ( <i>log</i> UFC/g)       | 1,30        | 1,95    | 1,30    | 2       | 2,15    |
|               | Psicrotróficos anaeróbios ( <i>log</i> UFC/g)     | <1          | <1      | <1      | <1      | 1,08    |
|               | Estafilococos coagulase + ( <i>log</i> UFC/g)     | <2          | <2      | <2      | <2      | <2      |
|               | Enterobactérias ( <i>log</i> UFC/g)               | <1          | <1      | <1      | <1      | <1      |
|               | <i>Salmonella</i> spp (25g)                       | Ausente     | Ausente | Ausente | Ausente | Ausente |
| 2             | Clostrídios sulfito redutores ( <i>log</i> UFC/g) | <1          | <1      | <1      | <1      | <1      |
|               | Coliformes totais (NMP/g)                         | <2          | <2      | <2      | <2      | <2      |
|               | Mesófilos aeróbios ( <i>log</i> UFC/g)            | 2,08        | 2,60    | 2,74    | 2,30    | 2,18    |
|               | Mesófilos anaeróbios ( <i>log</i> UFC/g)          | 2,78        | 2,65    | 2,30    | 2,72    | 2,30    |
|               | Psicrotróficos aeróbios ( <i>log</i> UFC/g)       | 2,48        | 2,60    | 2,36    | 2,30    | 2,18    |
|               | Psicrotróficos anaeróbios ( <i>log</i> UFC/g)     | 2,60        | 2,67    | 2,30    | 2,34    | 2,08    |
|               | Estafilococos coagulase + ( <i>log</i> UFC/g)     | <1          | 1,60    | <1      | 1       | 1       |
|               | Enterobactérias ( <i>log</i> UFC/g)               | 2,08        | 1,90    | 1,47    | 1,30    | <1      |
|               | <i>Salmonella</i> spp (25g)                       | Ausente     | Ausente | Ausente | Ausente | Ausente |
| 3             | Clostrídios sulfito redutores ( <i>log</i> UFC/g) | <1          | <1      | <1      | <1      | <1      |
|               | Coliformes totais (NMP/g)                         | <2          | <2      | <2      | <2      | <2      |
|               | Mesófilos aeróbios ( <i>log</i> UFC/g)            | 2,08        | 1,81    | 1,78    | 1,88    | 2,04    |
|               | Mesófilos anaeróbios ( <i>log</i> UFC/g)          | 1           | 1,54    | 1,88    | 1,60    | 2,08    |
|               | Psicrotróficos aeróbios ( <i>log</i> UFC/g)       | 1,54        | 1,40    | 1,70    | 1,54    | 1,65    |
|               | Psicrotróficos anaeróbios ( <i>log</i> UFC/g)     | 1,18        | 1,74    | 1,40    | 1,81    | 2,04    |
|               | Estafilococos coagulase + ( <i>log</i> UFC/g)     | <1          | <1      | <1      | <1      | <1      |
|               | Enterobactérias ( <i>log</i> UFC/g)               | <1          | <1      | <1      | <1      | <1      |
|               | <i>Salmonella</i> spp (25g)                       | Ausente     | Ausente | Ausente | Ausente | Ausente |

NMP – Número mais provável; UFC – Unidades formadoras de colônias.

C: controle; BHT: butilhidroxitolueno; EUI: extrato de semente e casca de uva Isabel; EUN: extrato de semente e casca de uva Niágara; ES: eritorbato de sódio, ácido cítrico e açúcar.

#### 4.7 Avaliação sensorial

Os resultados da análise da variância dos dados de alteração de cor mostram que houve efeito significativo dos tratamentos ( $p < 0,05$ ) (Tabela 17).

Tabela 17 – Média ( $\pm$ desvio padrão) do atributo alteração de cor de carne de frango cozida, segundo tratamento e tempo de armazenamento

| Tratamento | Alteração de cor               |                |                |                | Média            |
|------------|--------------------------------|----------------|----------------|----------------|------------------|
|            | Tempo de armazenamento (meses) |                |                |                |                  |
|            | 0                              | 3              | 6              | 9              |                  |
| C          | 1,9 $\pm$ 1,19                 | 2,2 $\pm$ 0,57 | 1,8 $\pm$ 0,86 | 2,1 $\pm$ 0,98 | 2,0 <sup>b</sup> |
| BHT        | 1,8 $\pm$ 0,67                 | 2,0 $\pm$ 0,75 | 2,0 $\pm$ 0,35 | 1,8 $\pm$ 0,91 | 1,9 <sup>b</sup> |
| EUI        | 5,2 $\pm$ 2,25                 | 5,3 $\pm$ 0,41 | 5,8 $\pm$ 0,71 | 5,2 $\pm$ 0,92 | 5,4 <sup>a</sup> |
| EUN        | 5,1 $\pm$ 3,08                 | 5,4 $\pm$ 1,49 | 5,2 $\pm$ 0,96 | 4,7 $\pm$ 0,47 | 5,1 <sup>a</sup> |
| ES         | 3,0 $\pm$ 1,09                 | 2,7 $\pm$ 0,96 | 3,3 $\pm$ 0,78 | 2,9 $\pm$ 0,86 | 3,0 <sup>b</sup> |
| Média      | 3,4                            | 3,5            | 3,6            | 3,3            |                  |

Médias seguidas de letras diferentes na mesma linha e coluna diferem estatisticamente ( $p < 0,05$ ) pelo teste de Tukey. C: controle; BHT: butilhidroxitolueno; EUI: extrato de semente e casca de uva Isabel; EUN: extrato de semente e casca de uva Niágara; ES: eritorbato de sódio, ácido cítrico e açúcar.

Na Figura 26, observa-se que os tratamentos com antioxidantes naturais apresentaram alterações de cor significativamente maiores ( $p < 0,05$ ) em relação ao controle e aos tratamentos com antioxidantes comerciais. Assim, em relação à cor, os resultados da avaliação subjetiva corroboram com os resultados da avaliação objetiva apresentados anteriormente, onde também foi verificada alteração de cor das amostras cozidas, adicionadas de extrato de uva. Essa alteração na coloração das amostras ocorreu possivelmente devido à adição dos extratos, especialmente o extrato de uva Isabel, que é de cor mais escura.

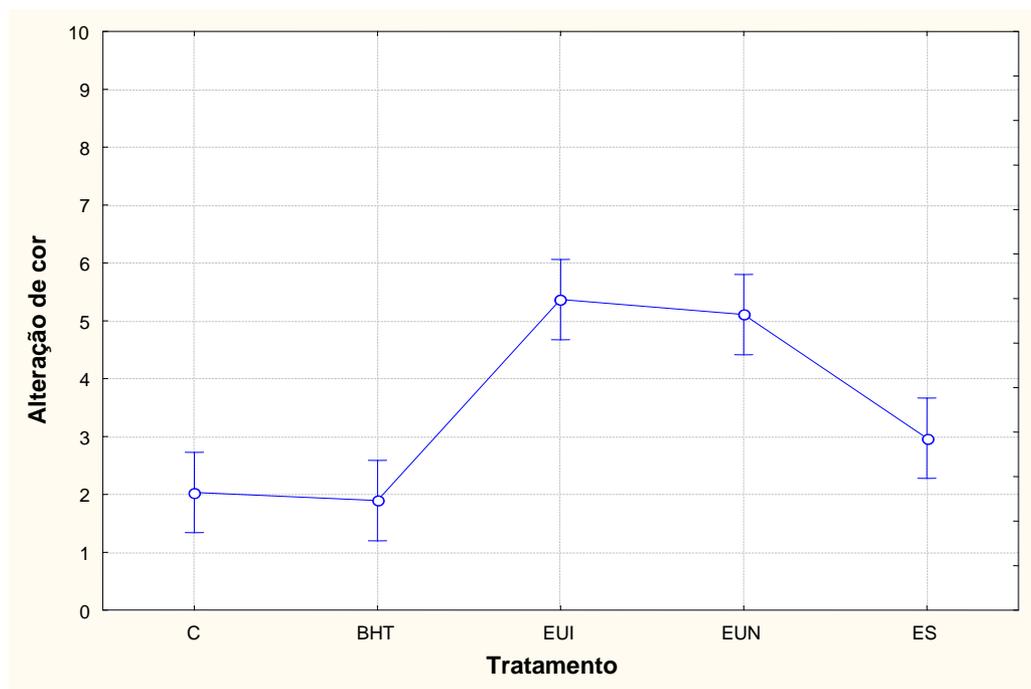


Figura 26 - Valores médios de alteração de cor de carne cozida, por tratamento

O tempo de armazenamento não afetou a alteração da cor da carne de frango ( $p>0,05$ ), ou seja, os tratamentos apresentaram os mesmos níveis de cor ao longo do período de congelamento das amostras (Figura 27).

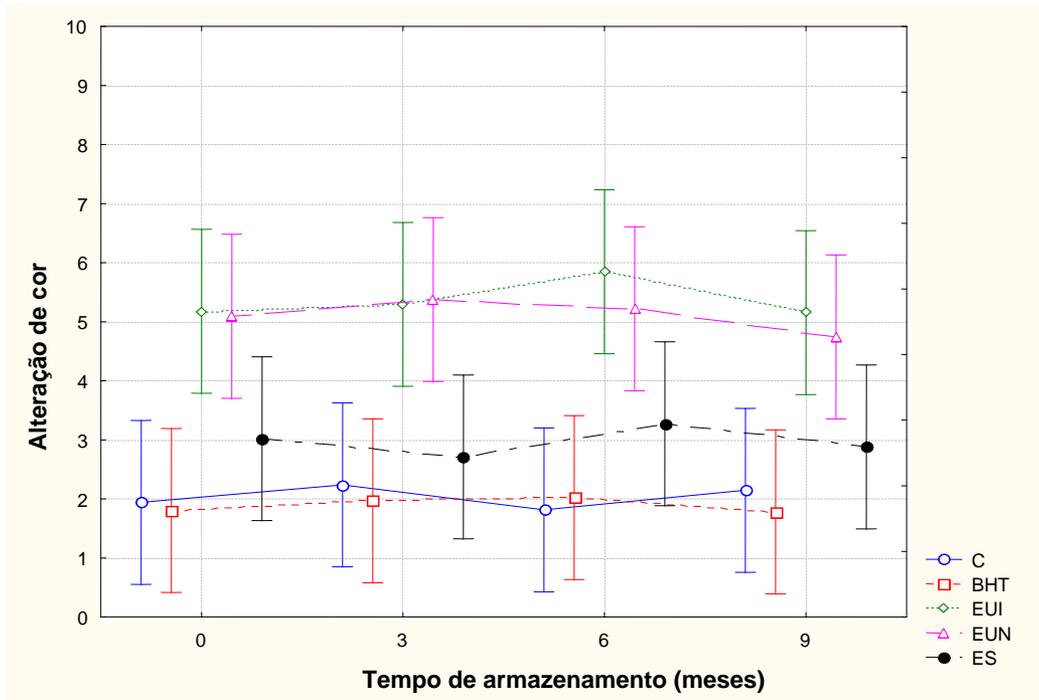


Figura 27 - Valores médios de alteração de cor de carne cozida, por tratamento e tempo de armazenamento

Além do presente trabalho, também foi verificada alteração significativa na coloração de amostras com extrato de semente de uva (escurecimento das amostras) nos trabalhos de Brannan (2009), em carne de frango pré-cozida e refrigerada e de Lau e King (2003) em carne de peru. No entanto, os estudos de Sasse, Colindres e Brewer (2009), Carpenter et al. (2007) e Rojas e Brewer (2007), todos com carne de porco, não verificaram alteração na cor subjetiva das amostras. Através dos estudos citados, pode-se verificar que há divergências quanto à alteração ou não da cor subjetiva das amostras. Este resultado, conforme já citado, pode ser decorrente da intensidade da coloração das diferentes marcas de extratos utilizadas.

Da mesma forma que no atributo alteração de cor, a análise de variância dos dados da alteração de sabor mostrou que houve efeito significativo dos tratamentos ( $p<0,05$ ), porém não houve efeito do tempo de armazenamento e nem efeito de interação ( $p>0,05$ ) (Tabela 18).

Tabela 18 – Média ( $\pm$ desvio padrão) do atributo alteração de sabor de carne de frango cozida, segundo tratamento e tempo de armazenamento

| Tratamento | Alteração de sabor             |                |                |                | Média             |
|------------|--------------------------------|----------------|----------------|----------------|-------------------|
|            | Tempo de armazenamento (meses) |                |                |                |                   |
|            | 0                              | 3              | 6              | 9              |                   |
| C          | 4,0 $\pm$ 1,09                 | 3,7 $\pm$ 0,80 | 3,7 $\pm$ 0,69 | 3,4 $\pm$ 0,62 | 3,7 <sup>ac</sup> |
| BHT        | 2,4 $\pm$ 0,98                 | 2,8 $\pm$ 0,38 | 2,4 $\pm$ 0,88 | 2,3 $\pm$ 0,36 | 2,5 <sup>b</sup>  |
| EUI        | 3,0 $\pm$ 0,61                 | 3,2 $\pm$ 0,13 | 2,7 $\pm$ 0,59 | 3,0 $\pm$ 0,45 | 3,0 <sup>bc</sup> |
| EUN        | 3,8 $\pm$ 1,14                 | 4,2 $\pm$ 0,64 | 4,1 $\pm$ 0,42 | 4,1 $\pm$ 0,69 | 4,1 <sup>a</sup>  |
| ES         | 2,3 $\pm$ 0,93                 | 2,3 $\pm$ 0,22 | 2,4 $\pm$ 0,51 | 2,5 $\pm$ 0,11 | 2,4 <sup>b</sup>  |
| Média      | 3,1                            | 3,3            | 3,1            | 3,1            |                   |

Médias seguidas de letras diferentes na mesma linha e coluna diferem estatisticamente ( $p < 0,05$ ) pelo teste de Tukey. C: controle; BHT: butilhidroxitolueno; EUI: extrato de semente e casca de uva Isabel; EUN: extrato de semente e casca de uva Niágara; ES: eritorbato de sódio, ácido cítrico e açúcar.

O tratamento com adição de extrato de uva Niágara apresentou a maior média de alteração de sabor das amostras, diferindo significativamente dos demais tratamentos com antioxidantes ( $p < 0,05$ ) (Figura 28). De acordo com os comentários realizados e descritos na ficha de avaliação sensorial, alguns provadores treinados perceberam sabor de uva/vinho nas amostras do tratamento EUN. Dessa forma, verifica-se que a adição de extrato de uva Niágara interferiu no sabor característico da carne de frango. Assim como no presente trabalho, Lau e King (2003), em análise sensorial preliminar com provadores não treinados, também verificaram mascaramento leve no sabor de frango de amostras com adição de extrato de semente de uva.

Conforme observado na Figura 28, o tratamento controle também apresentou valores elevados de alteração de sabor, diferindo significativamente ( $p < 0,05$ ) dos antioxidantes sintéticos. Este resultado pode ser indicativo de alteração decorrente do processo de oxidação lipídica, que atua nos alimentos, levando à formação de sabores indesejáveis. De acordo, com Campo et al. (2006), enquanto os hidroperóxidos, produtos primários da oxidação lipídica, são inodoros e insípidos, a sua degradação leva a formação de produtos secundários voláteis e não-voláteis. Destes, os compostos como aldeídos, hidrocarbonetos, álcoois, cetonas, ácidos, ésteres entre outros, são os principais responsáveis pela perda do *flavour* desejável em carnes de frango.

Em relação a este atributo, dentre os antioxidantes naturais, o extrato de semente e casca de uva Isabel apresentou melhores resultados, sendo comparável aos antioxidantes sintético BHT e eritorbato de sódio. Assim como no presente estudo, em que o EUI apresentou resultados satisfatórios quanto ao sabor de amostras de carne de frango, Brannan (2009), estudando carne de peito de frango e Sasse, Colindres e Brewer (2009), em estudo com carne de porco pré-cozida e

refrigerada, também verificaram eficiência do tratamento com extrato de semente de uva, os quais apresentaram, para o atributo *flavour* de ranço, nota média mais baixa que o tratamento controle.

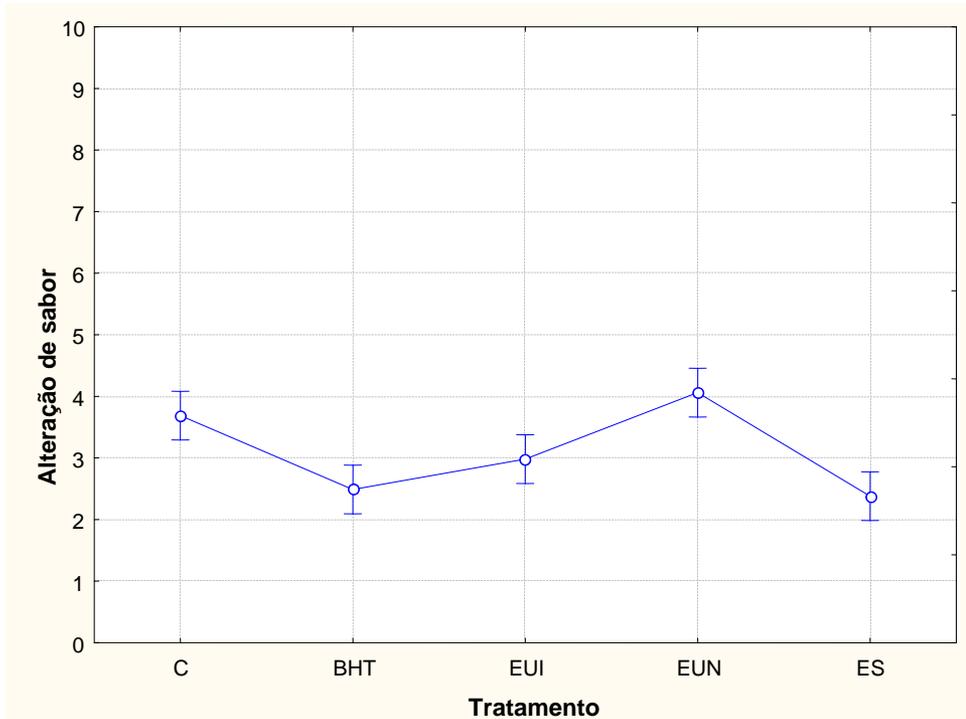


Figura 28 - Valores médios de alteração do sabor de carne de frango cozida, por tratamento

Avaliando os resultados dos tratamentos durante o período de armazenamento das amostras (Figura 29), observa-se que o tratamento controle e o tratamento com adição de extrato de uva Niágara apresentaram notas mais altas que os demais tratamentos já no primeiro ponto de análise (realizado após o resultado da análise microbiológica, aproximadamente 5 dias depois do produto pronto). Em relação ao tratamento com extrato de uva Niágara, este resultado pode ser decorrente da interferência do extrato de uva no sabor da carne de frango, conforme discutido anteriormente, e que independe do tempo de armazenamento. No caso do tratamento controle, pode ter ocorrido o que chamamos de *warmed-over flavour* (WOF). O termo *warmed-over flavour* foi introduzido primeiramente por Tims e Watts (1958) para descrever o ataque rápido de rancificação na carne cozida durante o armazenamento refrigerado, e é uma característica sensorial indesejável no painel dos provadores (ST. ANGELO et al., 1988). Os sabores oxidados são prontamente detectáveis depois de 48 horas, em contraste com o ranço que se desenvolve mais lentamente e fica evidente somente depois de prolongado armazenamento sobre congelamento (PEARSON et al., 1983).

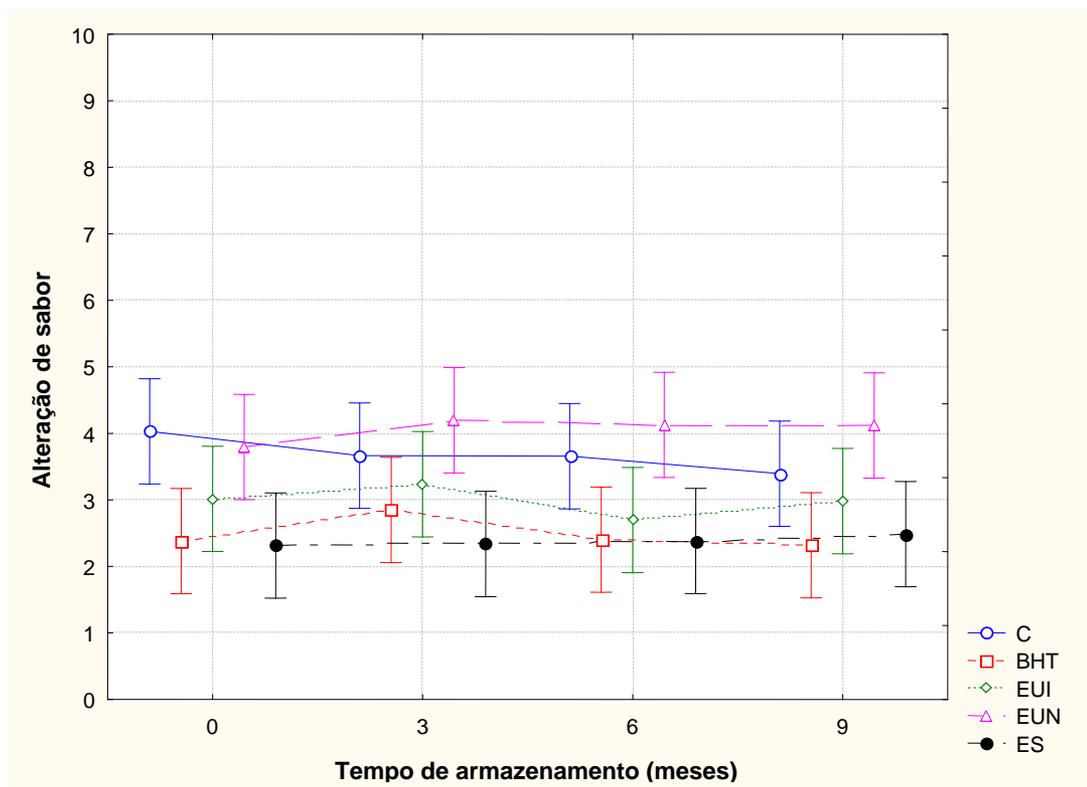


Figura 29 - Valores médios de alteração do sabor de carne de frango cozida, por tratamento e tempo de armazenamento

Outro fator que pode indicar que ocorreu o *warmed-over flavour* no tratamento controle é que, antes de oferecer as amostras aos provadores, estas foram reaquecidas em microondas por 20 segundos. Segundo St. Angelo et al. (1987) é importante considerar que o *warmed-over flavour* se desenvolve em carnes pré-cozidas no reaquecimento. O perfil de aroma de WOF característico e o perfil de aroma relacionado à oxidação lipídica na carne crua são diferentes, mas os compostos que implicam no sabor são qualitativamente os mesmos, porém ocorrem em concentrações diferentes.

Em relação ao atributo alteração de odor, os resultados da análise da variância mostraram que houve efeito significativo dos tratamentos e efeito significativo do tempo de armazenamento ( $p < 0,05$ ), porém não houve efeito de interação ( $p > 0,05$ ) (Tabela 19).

Os tratamentos controle e extrato de semente e casca de uva Niágara apresentaram alterações de odor significativamente maiores que os demais tratamentos ( $p < 0,05$ ) (Tabela 19 e Figura 30). Observa-se que estes resultados se assemelham aos dados de sabor, e que, provavelmente, esta alteração foi decorrente das mesmas causas: em amostras do tratamento EUN

ocorreu interferência do odor do extrato de uva no odor característico de frango cozido, observado pelos comentários dos provadores na ficha de avaliação sensorial, que indicaram odor de vinho/uva; e em amostras do tratamento controle a alteração deve-se provavelmente à ocorrência da oxidação lipídica, com formação de compostos voláteis, característicos do ranço oxidativo, conforme observado pelos valores mais elevados de TBARS e pelos comentários de odor ruim/de ranço de alguns provadores na ficha de avaliação sensorial.

Odor de vinho em amostras de carne de frango com adição de extrato de semente de uva também foi verificado por Lau e King (2003), corroborando com os dados da presente pesquisa.

Tabela 19 - Média ( $\pm$ desvio padrão) do atributo alteração de odor de carne de frango cozida, segundo tratamento e tempo de armazenamento

| Tratamento | Alteração de odor              |                |                |                | Média            |
|------------|--------------------------------|----------------|----------------|----------------|------------------|
|            | Tempo de armazenamento (meses) |                |                |                |                  |
|            | 0                              | 3              | 6              | 9              |                  |
| C          | 3,1 $\pm$ 0,60                 | 3,9 $\pm$ 0,59 | 3,5 $\pm$ 0,58 | 3,7 $\pm$ 0,64 | 3,5 <sup>a</sup> |
| BHT        | 1,5 $\pm$ 0,24                 | 2,3 $\pm$ 0,65 | 1,7 $\pm$ 0,58 | 2,2 $\pm$ 0,31 | 1,9 <sup>b</sup> |
| EUI        | 2,2 $\pm$ 0,88                 | 2,2 $\pm$ 0,76 | 2,5 $\pm$ 0,72 | 2,9 $\pm$ 0,19 | 2,5 <sup>b</sup> |
| EUN        | 2,6 $\pm$ 1,31                 | 4,0 $\pm$ 0,97 | 3,5 $\pm$ 0,43 | 4,0 $\pm$ 0,16 | 3,5 <sup>a</sup> |
| ES         | 1,7 $\pm$ 0,59                 | 2,2 $\pm$ 0,84 | 2,0 $\pm$ 0,28 | 2,4 $\pm$ 0,41 | 2,1 <sup>b</sup> |
| Média      | 2,2                            | 2,9            | 2,6            | 3,0            |                  |

Médias seguidas de letras diferentes na mesma linha e coluna diferem estatisticamente ( $p < 0,05$ ) pelo teste de Tukey. C: controle; BHT: butilhidroxitolueno; EUI: extrato de semente e casca de uva Isabel; EUN: extrato de semente e casca de uva Niágara; ES: eritorbato de sódio, ácido cítrico e açúcar.

A alteração no odor das amostras foi menor nos tratamentos com BHT, eritorbato de sódio e extrato de semente e casca de uva Isabel, não havendo diferença significativa entre eles ( $p > 0,05$ ) (Figura 30). Assim, em relação a este atributo, os resultados mostram que dentre os extratos de bagaço de uva, o da variedade Isabel apresentou resultados satisfatórios.

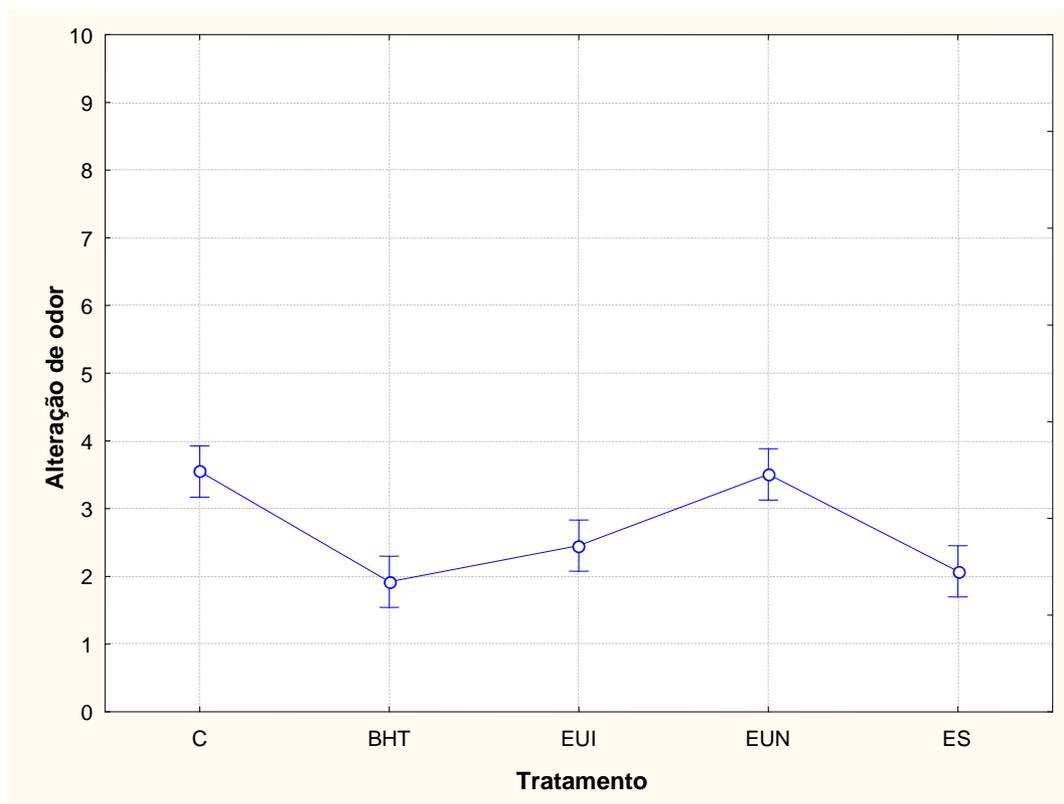


Figura 30 - Valores médios de alteração do sabor de carne de frango cozida, por tratamento

O odor da carne de frango processada foi afetado pelo período de armazenamento congelado ( $p < 0,05$ ). De acordo com os resultados, houve uma tendência de aumento na alteração de odor das amostras, que iniciaram o armazenamento (5 dias após processamento) com uma nota média de 2,2 e apresentaram ao 9º mês de congelamento, uma nota média de 3,0. Estes resultados podem ser decorrentes do aumento da oxidação lipídica e conseqüente produção de compostos voláteis com o tempo de armazenamento, que conferem ao produto odores desagradáveis.

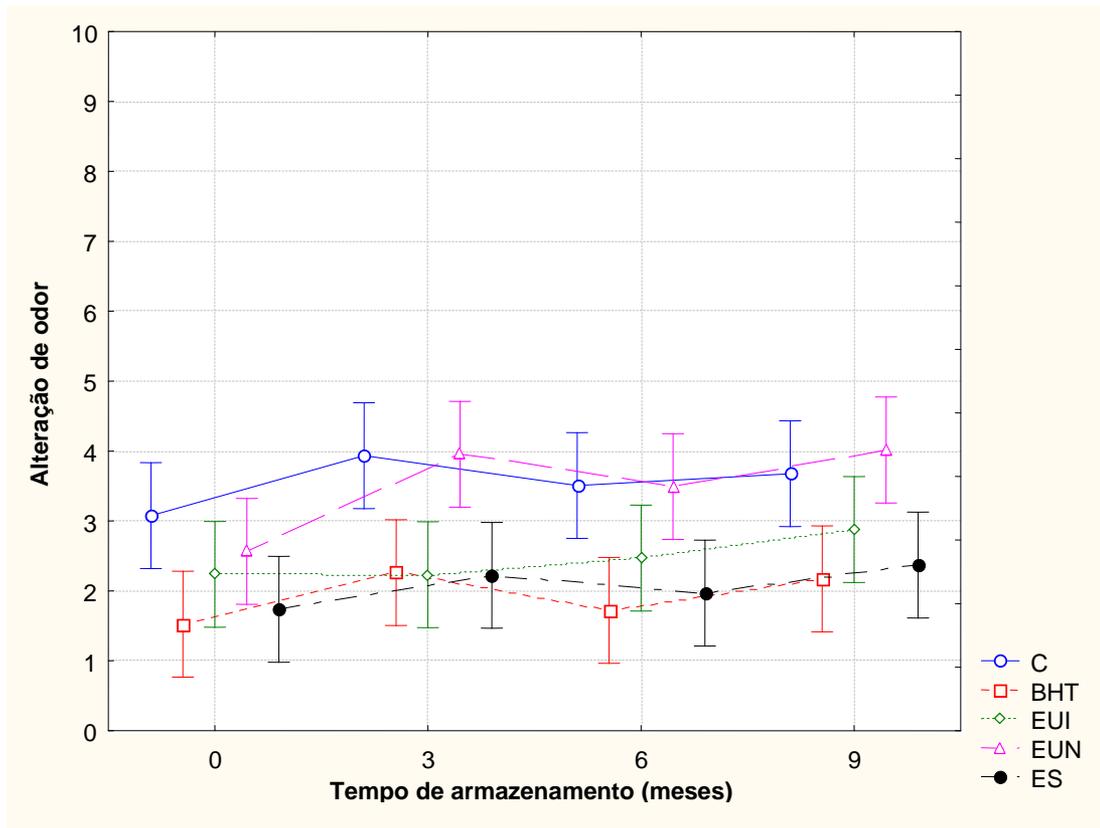


Figura 31 - Valores médios de alteração do odor de carne de frango cozida, por tratamento e tempo de armazenamento

Sabendo-se que o *warmed-over flavour* afeta o sabor e odor de carnes cozidas e reaquecidas, e que esta alteração é detectável após aproximadamente 48 horas, o valor elevado de alteração de odor do tratamento controle no primeiro ponto de análise (Figura 31) pode ser indicativo da ocorrência do WOF, assim como observado quanto ao atributo alteração de sabor.

Nos trabalhos de Sasse, Colindres e Brewer (2009) e Rojas e Brewer (2007), com carne de porco e Brannan (2009), com carne de frango, verificou-se que amostras controle apresentaram maior intensidade de odores desagradáveis, corroborando com o presente estudo, o qual apresentou as maiores nota de alteração de odor. De acordo com Brannan (2009) e Rojas e Brewer (2007), esta interferência tanto no odor como no sabor do tratamento controle pode ter ocorrido devido ao desenvolvimento dos *off-flavours*, os quais foram controlados nos tratamentos com adição de extrato de semente de uva. Ainda segundo Brannan (2009), o extrato de semente de uva reduziu atributos associados ao *warmed-over flavour*, como o odor e de mofo e de ranço.



## 5 CONCLUSÕES

- A adição de extrato de semente e casca de uva Isabel e Niágara, na concentração de 60mg CFT/kg de amostra, em carne de frango crua e cozida, promoveu efeito satisfatório sob a oxidação lipídica, apresentando resultados comparáveis aos antioxidantes sintéticos BHT e eritorbato de sódio. Ambos os extratos apresentaram a mesma efetividade quanto à manutenção da estabilidade oxidativa das amostras;
- Os extratos de bagaço de uva avaliados promoveram alteração na coloração do produto cozido, observado através da avaliação de cor objetiva e subjetiva. Na análise de cor objetiva, amostras com extratos de semente e casca de uva apresentaram-se mais escuras, menos avermelhadas e com menor intensidade de cor amarela em relação ao controle. Na análise subjetiva, o atributo alteração de cor foi significativo ( $p < 0,05$ ) para os tratamentos com adição de extrato de uva. Em carne de frango crua, não houve interferência dos extratos em nenhum dos tratamentos avaliados;
- O pH e a composição centesimal de todos os tratamentos, tanto de amostras cruas como cozidas, não foram afetados pelo uso dos antioxidantes naturais;
- Na análise sensorial, o extrato de semente e casca de uva Niágara interferiu no sabor e odor natural da carne de frango. Em relação a estes dois atributos, dentre os antioxidantes naturais, o extrato de semente e casca de uva Isabel apresentou melhores resultados.
- A utilização de bagaço da indústria vinícola (semente e casca) como antioxidante natural, combinado com o uso da embalagem a vácuo e armazenamento congelado, pode ser considerada um método eficiente para retardar a oxidação lipídica de carne de frango processada, tanto crua, como cozida.



## REFERÊNCIAS

- ADAMS, C.A. Oxidation and antioxidants. In: \_\_\_\_\_ **Nutricines: food components in health and nutrition**. Nottingham: Nottingham University Press, 1999. chap. 2, p. 11-32.
- AHN, J.; GRUN, I.U.; MUSTAPHA, A. Effects of plant extracts on microbial growth, color change, and lipid oxidation in cooked beef. **Food Microbiology**, London, v. 24, n. 4, p. 7-14, June 2007.
- AHN, D.U.; WOLFE, F.H.; SIM, J.S.; KIM, D.H. Packaging cooked turkey meat patties while hot reduces lipid oxidation. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 57, n. 5, p. 1075-1077, Sep./Oct. 1992.
- ARORA, A.; NAIR, M.G.; STRASBURG, G.M. Structure-activity relationships for antioxidant activities of a serie of flavonoids in a liposomal system. **Free Radicals in Biology & Medicine**, New York, v. 24, n. 9, p. 1355-1363, 1998.
- ARUOMA, O.I. Nutrition and health aspects of free radicals and antioxidants. **Food and Chemical Toxicology**, Oxford, UK, v. 32, n. 7, p. 671-683, July 1994.
- ASKU, M.I.; KARAOGLU, M.; ESENBUGA, N.; KAYA, M.; MACIT, M.; OCKERMAN, H.W. Effect of a dietary probiotic on some quality characteristics of raw broiler drumstick and breast meat. **Journal of Muscle Foods**, Trumbull, v. 16, n. 4, p. 306-317, Oct. 2005.
- BAGCHI, D.; GARG, A.; KROHN, R.L.; BAGCHI, M.; TRAN, M.X.; STOHS, S.J. Oxygen free radical scavenging abilities of vitamins C and E, and A grape seed proanthocyanidin extract in vitro. **Research Communications in Molecular Pathology and Pharmacology**, Wesbury, v. 95, n. 2, p. 179-189, Feb. 1997.
- BANNWART, G.C.M.C.; TOLEDO, M.C.F. Aspectos toxicológicos dos antioxidantes BHA, BHT e TBHQ. **Boletim da Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 33, n. 2, p. 245-255, 1999.
- BAÑÓN, S.; DIAZ, P.; RODRIGUEZ, M.; GARRIDO, M. D.; PRICE, A. Ascorbate, green tea and grape seed extracts increase the shelf life of low sulphite beef patties. **Meat Science**, Oxford, UK, v. 77, n. 4, p. 626-633, Dec. 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.
- BERGER, K.G.; HAMILTON, R.J. Lipids and oxygen: is rancidity avoidable in practice? In: HAMILTON, R.J. **Developments in oils and fats**. London: Chapman & Hall, 1995. chap. 7, p. 192-203.

BERGMAN, M.; VARSHAVSKY, L.; GOTTLIEB, H.E.; GROSSMAN, S. The antioxidant activity of aqueous spinach extract: chemical identification of active fractions. **Phytochemistry**, Oxford, UK, v. 58, n. 1, p. 143-152, Sept. 2001.

BOBBIO, F.O.; BOBBIO, P.A. **Introdução à química de alimentos**. Campinas: Fundação Cargill, 1985. 306 p.

BOBBIO, P.A.; BOBBIO, F.O. **Química do processamento de alimentos**. São Paulo: Varela, 2001. 143 p.

BRAGAGNOLO, N. Aspectos comparativos entre carnes segundo a composição de ácidos graxos e teor de colesterol. In: CONFERÊNCIA INTERNACIONAL VIRTUAL SOBRE QUALIDADE DE CARNE SUÍNA, 2, 2001, Concórdia. **Anais...** Concórdia: Embrapa suínos e aves, 2002. p. 393-401. Disponível em: <[www.cnpsa.embrapa.br/sgc/sgc\\_publicacoes/anais01cv2\\_pt.pdf](http://www.cnpsa.embrapa.br/sgc/sgc_publicacoes/anais01cv2_pt.pdf)>. Acesso em: 10 jul. 2009.

BRANNAN, R.G. Effect of grape seed extract on physicochemical properties of ground, salted, chicken thigh meat during refrigerated storage at different relative humidity levels. **Journal of Food Science**, Oxon, v. 73, n. 1, p. C36-C40, Jan./Feb. 2008.

\_\_\_\_\_. Effect of grape seed extract on descriptive sensory analysis of ground chicken during refrigerated storage. **Meat Science**, Oxford, UK, v. 81, n. 4, p. 589-595, Apr. 2009.

BRANNAN, R.G.; MAH, E. Grape seed extract inhibits lipid oxidation in muscle from different species during refrigerated and frozen storage and oxidation catalyzed by peroxynitrite and iron/ascorbate in a pyrogallol red model system. **Meat Science**, Oxford, UK, v. 77, n. 4, p. 540-546, Dec. 2007.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Portaria nº 1.004, de 11 de dezembro de 1998**: Atribuição de função de aditivos e seus limites máximos de uso para a categoria 8 – Carne de produtos cárneos. Brasília, 1998. Disponível em: <<http://legis.anvisa.gov.br/leisref/public/showAct.php?id=38>>. Acesso em: 03 nov. 2008.

\_\_\_\_\_. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Resolução RDC nº 12, de 02 de janeiro de 2001**: Regulamento técnico sobre padrões microbiológicos para alimentos. Brasília, 2001. Disponível em: <<http://legis.anvisa.gov.br/leiref/public/showAct.php?id=144&word=padr%C3%B5esmicrobiol%C3%93icos>>. Acesso em: 10 dez. 2009.

BRAVO, L. Polyphenols: chemistry, dietary sources, metabolism and nutritional significance. **Nutrition Reviews**, Lawrence, v. 56, n. 11, p. 317-333, Nov. 1998.

BREWER, M.S.; IKINS, W.G.; HARBERS, C.A.Z. TBA values, sensory characteristics, and volatiles in ground pork during long-term frozen storage: effects of packaging. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 57, n. 3, p. 558-563, May/June 1992.

BUCK, D.F. Antioxidants in soya oil. **Journal of the American Oil Chemists Society**, Champaign, v. 58, n. 3, p. 275-278, 1981.

CAMPO, M.M.; NUTE, G.R.; HUGHES, S.I.; ENSER, M.; WOOD, J.D.; RICHARDSON, R.I. Flavour perception of oxidation in beef. **Meat Science**, Oxford, UK, v. 72, n. 2, p. 303-311, Feb. 2006.

CAMPOS, L.M.A.S. **Obtenção de extratos de bagaço de uva cabernet Sauvignon (*Vitis vinífera*):** parâmetros de processo e modelagem matemática. 2005. 123p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2005.

CARPENTER, R.; O'GRADY, M.N.; O'CALLAGHAN, Y.C.; O'BRIEN, M.N.; KERRY, J.P. Evaluation of the antioxidant potential of grape seed and bearberry extracts in raw and cooked pork. **Meat Science**, Oxford, UK, v. 76, n. 4, p. 604-610, Aug. 2007.

CHAHINE, M.H.; MACNEILL, R. F. Effect of stabilization of crude whale oil with tertiary butylhydroquinone and other antioxidants upon keeping quality resultant deodorized oil - feasibility. **Journal of American Oil Chemistry Society**, Champaign, v. 51, n. 3, p. 37-41, 1974.

CHIZZOLINI, R.; NOVELLI, E.; ZANARDI, E. Oxidation in traditional Mediterranean meat products. **Meat Science**, Oxford, UK, v. 49, suppl. 1, p. S87-S99, Sept. 1998.

COBOS, A.; DE LA HOZ, L.; CAMBERO, M.I.; ORDÓÑEZ, J. A. Revisión: Influencia de la dieta animal em los ácidos grasos de los lípidos de la carne. **Revista Española de Ciencia y Tecnología de Alimentos**, Valência, v. 34, n. 1, p. 35-51, 1994.

COMBS, G.F.Jr. Vitamin E. In:\_\_\_\_\_. **The vitamins: fundamental aspects in nutrition and health**. 2th ed. San Diego: Academic Press, 1998. chap. 7, p. 189-222.

CONACHER, H.B.; IVERSON, F.; LAU, P.Y.; PAGE, B.D. Levels of BHA and BHT in human and animal adipose tissue: interspecies extrapolation. **Food and Chemical Toxicology**, Oxford, UK, v. 24, n. 10-11, p. 1159-1162, Oct./Nov. 1986.

COSGROVE, J.P.; CHURCH, D.F.; PRYOR, W.A. The kinetics of autoxidation of polyunsaturated fatty-acids. **Lipids**, Champaign, v. 22, n. 5, p. 299-304, May 1987.

COULTER, R.B. Extending shelf-life by using traditional phenolic antioxidants. **Cereal Foods World**, St. Paul, v. 33, n. 2, p. 207-217, Feb. 1988.

DAWSON, L.E.; GARTNER, R. Lipid oxidation in mechanically deboned poultry. **Food Technology**, Chicago, v. 37, n. 7, p. 112-116, 1983.

DELAQUIS, P.J.; WARD, S.M.; HOLLEY, R.A.; CLIFF, M.C.; MAZZA, G. Microbiological, chemical and sensory properties of pre-cooked roast beef preserved with horseradish essential oil. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 64, n. 3, p. 519-524, May/June, 1999.

DORMAN, H.J.D.; PELTOKETO, A.; HILTUNEN, R.; TIKKANEN, M.J. Characterisation of the antioxidant properties of de-odourised aqueous extracts from selected Lamiaceae herbs. **Food Chemistry**, Oxford, UK, v. 83, n. 2, p. 255-262, Nov. 2003.

DOWNES, F.P.; ITO, K. **Compendium of methods for the microbiological examination of foods**. 4th.ed. Washington, DC: American Public Health Association, 2001. 676 p.

DURAN, R.M.; PADILHA, R.B. Actividad antioxidante de los compuestos fenólicos. **Grasas y Aceites**, Seville, v. 44, n. 2, p. 101-106, Mar./Apr.1993.

DZIEZAK, J.D. Antioxidants – The ultimate answer to oxidation. **Food Technology**, Chicago, v. 40, n. 9, p. 94-102, Sept. 1986.

ESTADOS UNIDOS. Department of Agriculture. USDA-FAS attached reports, official statistics, and results of office research: poultry meat summary selected countries. Disponível em: <<http://www.fas.usda.gov/psdonline/psdReport.aspx?hidReportRetrievalName=Broiler+Meat+Summary+Selected+Countries&hidReportRetrievalID=1647&hidReportRetrievalTemplateID=7>>. Acesso em: 28 jan. 2010.

FAO. Disponível em: < <http://faostat.fao.org/site/567/DesktopDefault.aspx?PageID=567#ancor>>. Acesso em: 30 jan. 2010.

FARMER, E.H.; BLOOMFIELD, G.F.; SUNDARALINGAM, A.; SUTTON, D.A. The course and mechanism of autoxidation reactions in olefinic and polyifinic substances, including rubber. **Transactions of the Faraday Society**, London, v. 38, p. 348-355, 1942.

FENNEMA, O.R. **Química de los alimentos**. Zaragoza: Acribia, 1992. 1095 p.

FERNANDEZ-LOPEZ, J.; ZHI, N.; ALESONP-CARBONELL, L.; PÉREZ-ALVAREZ, J.A.; KURI, V. Antioxidant and antibacterial activities of natural extracts: application in beef meatballs. **Meat Science**, Oxford, UK, v. 69, n. 3, p. 371-380, Mar. 2005.

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**, Oxford, UK, v. 19, n. 1-2, p. 1-22, Jan/June 1980.

GENOT, C. **Congelación y calidad de la carne**. Zaragoza: Acribia, 2000. 104 p.

GOMES, H.D.A.; SILVA, E.N.; NASCIMENTO, M.R.L.; FUKUMA, H.T. Evaluation of the 2-thiobarbituric acid method for measurement of lipid oxidation in mechanically deboned gamma irradiated chicken meat. **Food Chemistry**, Oxford, UK, v. 80, n. 3, p. 433-437, Mar. 2003.

GOMEZ-PLAZA, E.; MINANO, A.; LOPEZ-ROCA, J. M. Comparison of chromatic properties, stability and antioxidant capacity of anthocyanin-based aqueous extracts from grape pomace obtained from different vinification methods. **Food Chemistry**, Oxford, UK, v. 97, n. 1, p. 87-94, July 2006.

GOVARIS, A.; BOTSOGLOU, N.; PAPAGEORGIOU, G.; BOTSOGLOU, E.; AMBROSIADIS, I. Dietary versus post-mortem use of oregano oil and/or alpha-tocopherol in turkeys to inhibit development of lipid oxidation in meat during refrigerated storage. **International Journal of Food Sciences and Nutrition**, Hants, v. 55, n. 2, p. 115-123, Mar. 2004.

GRAU, A.; GUARDIOLA, F.; BOATELLA, J.; CODONY, R. Measurement of 2-thiobarbituric acid values in dark chicken meat through derivative spectrophotometry: influence of various parameters. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, Washington, DC, v. 48, n. 4, p. 1155-1159, Apr. 2000.

GRAU, A.; GUARDIOLA, F.; GRIMPA, S.; BARROETA, A.C.; CODONY, R. Oxidative Stability of dark chicken meat through frozen storage: influence of dietary fat and alpha-tocopherol and ascorbic acid supplementation. **Poultry Science**, Savoy, v. 80, n. 11, p. 1630-1642, Nov. 2001.

GRAY, J.L.; PEARSON, A.M. Rancidity and warmed-over flavor. In. PEARSON, A.M.; DUTSON, T.R. **Advances in meat research**. v. 3. New York: Van Nostrand Reinhold Company, 1987, chap. 6, p. 221-270.

GRAY, J.L.; GOMAA, E.A.; BUCKLEY, D.J. Oxidative quality and shelf life of meats. **Meat Science**, Oxford, UK, v. 43, suppl., p. S111-S123, Sept. 1996.

HALLIWELL, B. Antioxidants in human health and disease. **Annual Reviews Nutrition**, London, v. 16, p. 33-50, July 1996.

HAMILTON, R.J. The chemistry of rancidity food. In: ALLEN, J.C.; HAMILTON, R.J. **Rancidity in foods**. 3rd ed. London : Blackie Academic, 1994. chap. 1, p. 1-21.

HERNANDEZ P., NAVARRO, J. L.; TOLDRA, F. Effect of frozen storage on lipids and lipolytic activities in the *Longissimus dorsi* muscle of the pig. **Zeitschrift für Lebensmitteluntersuchung und -Forschung A**, Heidelberg, v. 208, n. 2, p. 110-115, 1999.

ITO, N.; HIROSE, M.; FUKUSHIMA, S.; TSUDO, H.; SHIRAI, T.; TATEMATSU, M. Studies on antioxidants - their carcinogenic and modifying effects on chemical carcinogenesis. **Food Chemical Toxicology**, Oxford, UK, v. 24, n. 10-11, p. 1071-1082, Oct./Nov. 1986.

JADHAV, S.J; NIMBALKAR, S.S.; KULKARNI, A.D.; MADHAVI, D.L.; RAJALAKSHMI, D.; NARASIMHAN, S. **Food antioxidants: technological, toxicological, and health perspectives**. New York: Marcel Dekker, 1996. 450 p.

JAKOBSEN, M.; BERTELSEN, G. Colour stability and lipid oxidation of fresh beef. Development of a response surface model for predicting the effects of temperature, storage time, and modified atmosphere composition. **Meat Science**, Oxford, UK, v. 54, n. 1, p. 49-57, Jan. 2000.

JOHNSON, C.M.; ULRICH, A. Analytical methods. In: SARRUGE, J.R.; HAAG, H.P. **Análises químicas em plantas**. Piracicaba: ESALQ, Departamento de Química. Setor de Nutrição Mineral de Plantas, 1974. p. 4-10.

KANNER, J. Oxidative processes in meat and meat products - Quality implications. **Meat Science**, Oxford, UK, v. 36, n. 1-2, p. 169-189, 1994.

KEHRER, J. P. Free radicals as mediators of tissue injury and disease. **Critical Reviews in Toxicology**, Boca Raton, v. 23, n. 1, p. 21-48, 1993.

KIM, D.O.; JEONG, S.W.; LEE, C.Y. Antioxidant capacity of phenolic phytochemicals from various cultivars of plums. **Food Chemistry**, Oxford, UK, v. 81, n. 3, p. 321-326, June 2003.

KINGSTON, E.R.; MONAHAN, F.J.; BUCKLEY, D.J.; LYNCH, P.B. Lipid oxidation in cooked pork as affected by vitamin E, cooking and storage conditions. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 63, n. 1., p. 386-389, May/June 1998.

KRISTENSEN, L.; ANDERSEN, H.J. Effect of heat denaturation on the pro-oxidative activity of metmyoglobin in linoléico acid emulsions. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. Washington, DC, v. 45, n. 1, p. 7-13, Jan. 1997.

KUBOW, S. Routes of formation and toxic consequences of lipid oxidation-products in foods. **Free Radical Biology and Medicine**, Oxford, UK, v. 12, n. 1, p. 63-81, 1992.

\_\_\_\_\_, S. Lipid oxidation products in food and atherogenesis, **Nutrition Reviews**, Lawrence, v. 51, n. 2, p. 33-40, Feb. 1993.

LABUZA, T.P.; HEIDELBA, N.D.; SILVER, M.; KAREL, M. Oxidation at intermediate moisture contents. **Journal of the American Oil Chemists Society**, Champaign, v. 48, n. 2, p. 86-89, 1971.

LAU, D.W.; KING, A.J. Pre- and post-mortem use of grape seed extract in dark poultry meat to inhibit development of thiobarbituric acid reactive substances. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, Washington, DC, v. 51, n. 6, p. 1602-1607, Mar. 2003.

LEE, S.K.; MEI, L.; DECKER, E.A. Lipid oxidation in cooked turkey as affected by added antioxidant enzymes. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 61, n. 4, p. 726-728, July/Aug. 1996.

LI, X-Y, CHOW, C. K. An improved method for measurement of malondialdehyde in biological samples. **Lipids**, Champaign, v. 29, n. 1, p. 73-75, Jan. 1994.

LOVE, J.D. The role of heme iron in the oxidation of lipids in red meats. **Food Technology**, Chicago, v. 37, n. 7, p. 117-120, 1983.

\_\_\_\_\_. Sensory analysis of warmed-over flavor in meat. **Food Technology**, Chicago, v. 42, n. 6, p. 140-143, June 1988.

LYNCH, M.P.; FAUSTMAN, C. Effect of aldehyde lipid oxidation products on myoglobin. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, Washington, DC, v. 48, n. 3, p. 600-604, Mar. 2000.

LYON, B.G. Development of chicken flavor descriptive attribute terms aided by multivariate statistical procedures. **Journal of Sensory Studies**, v. 2, n. 1, p. 55-67, Mar. 1987.

LYON, B.G.; ANG, C.Y.W. Effects of reheating method on off-flavor development in precooked, stored chicken patties. **Poultry Science**, Savoy, v. 69, n. 2, p. 320-328, Feb. 1990.

MADHAVI, D.L.; SALUNKHE, D.K. **Antioxidants**. New York: Marcel Dekker, 1995. 177 p.

MAKRIS, D.P.; BOSKOU, G.; ANDRIKOPOULOS, N.K. Polyphenolic content and in vitro antioxidant characteristics of wine industry and other agri-food solid waste extracts. **Journal of Food Composition and Analysis**, San Diego, v. 20, n. 2, p. 125-132, Mar. 2007.

MANCINI, R.A.; HUNT, M.C. Current research in meat color. **Meat Science**, Oxford, UK, v. 71, n. 1, p. 100-121, Sept. 2005.

MARTINEZ-TOME, M.; JIMENEZ, A.M.; RUGGIERI, S.; FREGA, N.; STRABBIOLI, R.; MURCIA, M.A. Antioxidant properties of Mediterranean spices compared with common food additives. **Journal of Food Protection**, Des Moines, v. 64, n. 9, p. 1412-1419, Sept. 2001.

MCCARTHY, T.L.; KERRY, J.P.; KERRY, J.F.; LYNCH, P.B.; BUCKLEY, D.J. Assessment of the antioxidant potential of natural food and plant extracts in fresh and previously frozen pork patties. **Meat Science**, Oxford, UK, v. 57, n. 2, p. 177-184, Feb. 2001.

MEILGAARD, M.; CIVILLE, G.V.; CARR, G. **Sensory Evaluation Techniques**. 3rd. ed. London: CRC Press, 1999. 281 p.

MELTON, S.T. Methodology for following lipid oxidation in muscle foods. **Food Technology**, Chicago, v. 37, n. 7, p. 105-116, 1983.

MENDES, A. A. Rendimento e qualidade da carcaça de frangos de corte. In: CURSO BÁSICO DE MANEJO DE FRANGOS DE CORTE – CONFERÊNCIA APINCO, 2001, Campinas. **Anais...** Campinas: FACTA, 2001. p. 79-99.

MIELCHE, M.M.; BERTELSEN, G. Approaches to the prevention of warmed-over flavor. Trends in Food Science and Technology. **Trends in Food Science and Technology**, Oxford, UK, v. 5, n. 10, p. 322-327, Oct. 1994.

MIELNIK, M.B.; OLSEN, E.; VOGT, G.; ADELIN, D.; SKREDE, G. Grape seed extract as antioxidant in cooked, cold stored turkey meat. **LWT-Food Science and Technology**, Amsterdam, v. 39, n. 3, p. 191-198, 2006.

MITSUMOTO, M.; O'GRADY, M.N.; KERRY, J.P.; BUCKLEY, D. J. Addition of tea catechins and vitamin C on sensory evaluation, colour and lipid stability during chilled storage in cooked or raw beef and chicken patties. **Meat Science**, Oxford, UK, v. 69, n. 4, p. 773-779, Apr. 2005.

MONAHAN, F.J. Oxidation of Lipids in Muscle Foods: Fundamental and Applied Concerns. In: DECKER, E. A.; FAUSTMAN, C.; LOPEZ-BOTE, C. J. **Antioxidants in muscle foods: nutritional strategies to improve quality**. New York: Wiley Interscience, 2000. chap. 1, p. 3-24.

MOREIRA, A.V.B.; MANCINI FILHO, J. Influência dos compostos fenólicos de especiarias sobre a lipoperoxidação e o perfil lipídico de tecidos de ratos. **Revista de Nutrição**, Campinas, v. 17, n. 4, p. 411-424, Oct./Dec. 2004.

MORRISSEY, P.A.; SHEEHY, P.J.; GALVIN, K.; KERRY, J.P.; BUCKLEY, D. J. Lipid stability in meat and meat products. **Meat Science**, Oxford, UK, v. 49, n. 1, suppl. 1, p. S73-S86, Sept. 1998.

MOTTRAM, D.S. Lipid oxidation and flavour in meat and meat products. **Food Science and Technology Today**, v. 1, n. 3, p. 159-162, 1987.

MURGA, R.; RUIZ, R.; BELTRAN, S.; CABEZAS, J.L. Extraction of natural complex phenols and tannins from grape seeds by using supercritical mixtures of carbon dioxide and alcohol. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, DC, v. 48, n. 8, p. 3408-3412, Aug. 2000.

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**, Oxford, UK, v. 80, n. 4, p. 1304-1308, Dec. 2008.

NAWAR, W.W. Lipids. In: FENNEMA, O.R. (Ed.). **Food chemistry**. 2nd ed. New York: Marcel Dekker, 1985. chap. 4, p. 139-244.

NISSEN, L.R.; BYRNE, D.V.; BERTELSEN, G.; SKIBSTED, L.H. The antioxidative activity of plant extracts in cooked pork patties as evaluated by descriptive sensory profiling and chemical analysis. **Meat Science**, Oxford, UK, v. 68, n. 3, p. 485-495, Nov. 2004.

NOLAN, N.L.; BOWERS, J.A.; KROPF, D.H. Lipid oxidation and sensory analysis of cooked pork and turkey stored under modified atmospheres. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 54, n. 4, p. 846-849, July/Aug. 1989.

O'GRADY, M.N.; MONAHAN, F.J.; FALLON, R.J.; ALLEN, P. Effect of dietary supplementation with vitamin E and organic selenium on the oxidative stability of beef. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 79, n. 11, p. 2827-2834, Nov. 2001.

OLIVEIRA, A.C.; VALENTIM, L.B.; SILVA, C.A.; BECHARA, E.J.H.; BARROS, M.P.; MANO, C.M.; GOULARTA, M.O.F. Total phenolic content and free radical scavenging activities of methanolic extract powders of tropical fruit residues. **Food Chemistry**, v. 115, n. 2, p. 469-475, July 2009.

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

OLIVO, R.; SHIMOKOMAKI, M. **Carnes no caminho da pesquisa**. Cocal do Sul: Imprint, 2001. 155 p.

PAINE, F.A.; PAINE, H.Y. **A handbook of food packing**. Galsgow: Blackie Academic & Professional, 1983. 497 p.

PAQUETTE, G.; KUPRANYCZ, D.B.; VAN DE VOORT, F.R. The mechanisms of lipid autoxidation. I. Primary oxidation-products. **Canadian Institute of Food Science and Technology Journal**, Ottawa, v. 28, n. 2, p. 112-118, 1985.

PEARSON, A.M.; GRAY, J.I.; WOLZAC, A.M.; HORENSTEIN, N.A. Safety implications of oxidized lipids in muscle foods. **Food Technology**, Chicago, v. 37, n. 7, p. 121-129, 1983.

POKORNY, J. Natural antioxidants for food use. **Trends in Food Science and Technology**, Cambridge, v. 2, p. 223-227, Sept. 1991.

PREGNOLATTO, W.; PREGNOLATTO, N.P. **Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz: métodos químicos e físicos para análise de alimentos**. 3. ed. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 1985, 533 p.

PRICE, J.F.; SCHWIEGERT, B.S. **Ciencia de la carne y de los productos cárnicos**. 2. ed. Zaragoza: Acribia, 1994. 581 p.

RABABAH, T.M.; EREIFEJ, K.I.; MAHASNEH, A.A.; RABABAH, A.A. Effect of plant extracts on physicochemical properties of chicken breast meat cooked using conventional electric oven or microwave. **Poultry Science**, Savoy, v. 85, n. 1, p. 148-154, Jan. 2006.

RAFECAS, M.; GUARDIOLA, F.; ILLERA, M.; CODONY, R.; BOATELLA, J. Liquid chromatographic determination of phenolic antioxidants in bakery products. **Journal Chromatography A**, Amsterdam, v. 822, n. 2, p. 305-309, Oct. 1998.

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

RAO, K.V.; KOWALE, B.N.; BABU, N.P.; BISHT, G.S. Effect of cooking and storage on lipid oxidation and development of cholesterol oxidation products in water buffalo meat. **Meat Science**, Oxford, v. 43, n. 2, p. 179-185, June 1996.

REGITANO-D'ARCE, M. A. B. Deterioração de lipídeos. In: OETTERE, M.; REGITANO-D'ARCE, M. A. B.; SPOTO, M. **Fundamentos de ciência e tecnologia de alimentos**. Barueri: Manole, 2006. cap. 6, p. 243-299.

RHEE, K.S.; ZIPRIN, Y.A.; ORDONEZ, G. BOHAC, C. E. Fatty acid profiles of the total lipids and lipid oxidation in pork muscles as affected by canola oil in the animal diet and muscle location. **Meat Science**, Oxford, v.23, n.3, p.201-210, 1988.

ROBERTSON, G.L. **Food packaging: principles and practice**. New York: Marcel Decker, 1992. 676 p.

ROJAS, M.C.; BREWER, M.S. Effect of natural antioxidants on oxidative stability of cooked, refrigerated beef and pork. **Journal of Food Science**, Oxford, UK, v. 72, n. 4, p. S282-S288, May. 2007.

\_\_\_\_\_. Effect of natural antioxidants on oxidative stability of frozen, vacuum-packaged beef and pork. **Journal of Food Quality**, Oxford, UK, v. 31, n. 2, p. 173-188, Apr. 2008.

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

SARANTÓPOULOS, C.I.G.L.; OLIVEIRA, L.M.; CANAVESI, E. **Requisitos de conservação de alimentos em embalagens flexíveis**. Campinas: CETEA/ITAL, 2001. 213 p.

SASSE, A.; COLINDRES, P., BREWER, M.S. Effect of natural and synthetic antioxidants on the oxidative stability of cooked, frozen pork patties. **Journal of Foods Science**, Oxford, UK, v. 74, n. 1, p. S30-S35, Jan/Feb. 2009.

SAYÁGO-AYERDI, S.G.; BRENES, A.; VIVEROS, A.; GONI, I. Antioxidant effect of dietary grape pomace concentrate on lipid oxidation of chilled and long-term frozen stored chicken patties. **Meat Science**, Oxford, UK, v. 83, n. 3, p. 528-533, Nov. 2009.

SCHRICKER, B.R.; MILLER, D.D. Effects of cooking and chemical treatment on heme and non-heme iron in meat. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 48, n. 4, p. 1340-1343, 1983.

SCHULER, P. Natural antioxidants exploited commercially. In: HUDSON, B.J.F. **Food Antioxidants**. London: Elsevier Applied Science. 1990. chap. 4, p. 88-70.

SHAHIDI, F. Natural antioxidants: An overview. In: \_\_\_\_\_. **Natural antioxidants: chemistry, health effects and applications**. Champaign: AOCS Press, 1997, chap. 1, p. 1-11.

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, Jan./Mar. 1992.

SHAMBERGER, R.J.; SHAMBERGER, B.A.; WILLIS, C.E. Malonaldehyde content of food. **Journal of Nutrition**, Bethesda, v. 107, n. 8, p. 1404-1409, 1977.

SHAN, B.; CAI, Y.Z.; BROOKS, J.D.; CORKE, H. Antibacterial and antioxidant effects of five spice and herb as natural preservatives of raw pork. **Journal of the Science of Food Agriculture**, Sussex, v. 89, n. 11, p. 1879-1885, Aug. 2009.

SHIRAHIGUE, L.D. **Caracterização química de extratos de sementes e casca de uva e seus efeitos antioxidante sobre carne de frango processada e armazenada sob refrigeração**. 2008. 94p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2008.

SILLIKER, J.H.; WOLFE, S.K. Microbiological safety considerations in controlled-atmosphere storage of meats. **Food Technology**, Chicago, v. 34, n. 3, p. 59-63, 1980.

SILVA, F.A.M.; 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, jan./fev. 1999.

SILVA, N.; JUNQUEIRA, V.C.A.; SILVEIRA, N.F.A. **Manual de métodos de análise microbiológica de alimentos**. 2. ed. São Paulo: Livraria Varela, 2001. 317 p.

SIMIC, M.G.; JOVANOVIC, S.V. Inactivation of oxygen radicals by dietary phenolic compounds in anticarcinogenesis. In: HO, C.T.; OSAWA, T.; HUANG, T.M.; ROSEN, R.T. **Food Phytochemicals for Cancer Prevention II**, Washington, DC: American Chemical Society, 1994. Chap. 2, p. 20-32 p.

SINGLETON, V.L.; ROSSI, J.A. Colorimetry of total phenolics with Phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. **American Journal of Enology and Viticulture**, Davis, v. 16, p. 144-158, Sept. 1965.

SINGLETON, V.L.; ORTHOFER, R.; LAMUELA-RAVENTOS, R.M. Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of Folin-Ciocalteu reagent. **Methods of Enzymology**, San Diego, v. 299, p. 152-178, 1999.

SOARES, M.; WELTER, L.; KUSKOSKI, E.M.; GONZAGA, L.; FETT, R. Compostos fenólicos e atividade antioxidante da casca de uvas Niágara e Isabel. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 30, n. 1, p. 59-64, Mar. 2008a.

SOARES, M.; WELTER, L.; GONZAGA, L.; LIMA, AL.; MANCINI-FILHO, J.; FETT, R. Avaliação da atividade antioxidante e identificação dos ácidos fenólicos presentes no bagaço de maçã cv. Gala. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 28, n. 3, p. 727-732, jul./set. 2008a.

SOARES, S.E. Ácidos fenólicos como antioxidantes. **Revista de Nutrição**, Campinas, v. 15, n. 1, p. 71-81, jan. 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 fur Lebensmittel Untersuchung und-Forschung**, New York, v. 202, n. 3, p. 205-210, 1996.

ST. ANGELO, A.J. Lipid oxidation in foods. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, Boca Raton, v. 36, n. 3, p. 175-224, 1996.

ST. ANGELO, A.J.; VERCELLOTTI, J.R.; DUPUY, H.P.; SPANIER, A.M. Assessment of beef flavor quality – A multidisciplinary approach. **Food Technology**, Chicago, v. 42, n. 6, p. 133-138, 1988.

ST. ANGELO, A.J.; VERCELLOTTI, J.R.; LEGENDRE, M.G.; VINNET, C. H.; KUAN, J.W.; JAMES, C., DUPUY, H.P. Chemical and instrumental analyses of warmed-over flavor in beef. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 52, n. 5, p. 1163-1168, Sept./Oct. 1987.

TERRA, N. N.; BRUM, M. A. **Carne e seus derivados: técnicas de controle de qualidade**. São Paulo: Nobel, 1988. 119 p.

TIMS, M.J.; WATTS, B.M. Protection of cooked meats with phosphates. **Food Technology**, Chicago, v. 12, n. 5, p. 240-243, 1958.

TIPSRISUKOND, N.; FERNANDO, L.N.; CLARKE, A.D. Antioxidant effects of essential oil and oleoresin of black pepper from supercritical carbon dioxide extractions in ground pork. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, DC, v. 46, n. 10, p. 4329-4333, Oct. 1998.

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS. **Tabela brasileira de composição de alimentos – TACO**. 2. ed. Campinas, 2006.

VALSTA, L.M.; TAPANAINEN, H.; MANNISTO, S. Meat fats in nutrition. **Meat Science**, Oxford, v. 70, n. 3, p. 525-530, July 2005.

VERHAGEN, H.; BECKERS, H.H.G.; COMUTH, P.A.W.V.; MASS, L.M.; TENHOOR, F.; HENDERSON, P.T.; KLEINJANS, J.C.S. Disposition of single oral doses of butylated hydroxytoluene in man and rat. **Food and Chemical Toxicology**, Oxford, UK, v. 27, n. 12, p. 765-772, Dec. 1989.

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-Echterdingen, v. 72, n. 12, p. 1084-1087, 1970.

\_\_\_\_\_. Evaluation of direct thiobarbituric acid extraction method for determining oxidative rancidity in mackerel (*Scomber scombrus* L.). **Fette Seifen Anstrichmittel**, Leinfelden-Echterdingen, v. 77, n. 6, p. 239-240, 1975.

WINTERS, S.; TENNYSON, J. Fish other marine products – ash of seafood. In: HORWITZ, W. (Ed). **Official methods of analysis of AOAC International**, 18th ed. Gaithersburg: AOAC International, 2005. chap. 35, p. 8.

WITSCHI, H.P. Enhanced tumor development by butylated hydroxytoluene (BHT) in the liver, lung and gastrointestinal-tract. **Food and Chemical Toxicology**, Oxford, UK, v. 24, n.10-11, p. 1127-1130, Oct./Nov.1986.

YANISHLIEVA, N.V.; MARINOVA, E.M.; MAREKOV, I.N.; GORDON, M.H. Effect of an ethanol extract from summer savory (*Satureja hortensis* L.) on the stability of sunflower oil at frying temperature. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, Chichester, v .74, n. 4, p. 524-530, Aug. 1997.

YEN, G.C.; CHEN, H.Y.; PENG, H.H. Antioxidant and pro-oxidant effects of various tea extracts. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, DC, v. 45, n. 1, p. 30-34, Jan. 1997.

YOUNG, O.A.; WEST, J. Meat Color. In: HUI, Y.H.; NIP, W.K.; ROGERS, R.W.; YOUNG, O.A. **Meat Science and Applications**. New York: Marcel Dekker, 2001, chap. 3, p. 39-69, 2001.

# Livros Grátis

( <http://www.livrosgratis.com.br> )

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)  
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)  
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)  
[Baixar livros de Matemática](#)  
[Baixar livros de Medicina](#)  
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)  
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)  
[Baixar livros de Meteorologia](#)  
[Baixar Monografias e TCC](#)  
[Baixar livros Multidisciplinar](#)  
[Baixar livros de Música](#)  
[Baixar livros de Psicologia](#)  
[Baixar livros de Química](#)  
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)  
[Baixar livros de Serviço Social](#)  
[Baixar livros de Sociologia](#)  
[Baixar livros de Teologia](#)  
[Baixar livros de Trabalho](#)  
[Baixar livros de Turismo](#)