



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS DOMÉSTICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS



**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA CARNE DE FRANGO EMBALADA A VÁCUO
E ADITIVADA COM EXTRATO DO RESÍDUO DE ACEROLA**

TATIANA ITSUKO BEKER

RECIFE

2015



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS DOMÉSTICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS



TATIANA ITSUKO BEKER

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA CARNE DE FRANGO EMBALADA A VÁCUO
E ADITIVADA COM EXTRATO DO RESÍDUO DE ACEROLA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, da Universidade Federal Rural de Pernambuco, como requisito para obtenção do Grau de Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos.

Orientadora: Prof^a Dr^a Andreлина Maria Pinheiro Santos

Co-Orientadora: Prof^a Dr^a Argélia Maria Araújo Dias Silva

Co-Orientadora: Prof^a Dr^a Enayde de Almeida Melo

RECIFE

2015

Ficha Catalográfica

B424a Beker, Tatiana Itsuko
Avaliação da qualidade da carne de frango embalada a
vácuo e aditivada com extrato do resíduo de acerola /
Tatiana
Itsuko Beker. – Recife, 2015.
72 f.: il.

Orientador(a): Andreлина Maria Pinheiro Santos.
Dissertação (Programa de Pós-graduação em Ciência e
Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal Rural
de Pernambuco, Departamento de Ciências Domésticas,
Recife,
2015.
Referências.

1. Carne de ave – Conservação 2. Indústria avícola –
Subprodutos 3. Antioxidante natural 4. Oxidação lipídica
5. TBARS I. Santos, Andreлина Maria Pinheiro, orientadora
II. Título

CDD 664

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS DOMÉSTICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE
ALIMENTOS

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA CARNE DE FRANGO EMBALADA A
VÁCUO E ADITIVADA COM ANTIOXIDANTES EXTRAÍDOS DE RESÍDUOS DE
ACEROLA**

Por: Tatiana Itsuko Beker

Esta dissertação foi julgada para obtenção do título de Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos e aprovada em 26/08/2015 pelo Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos em sua forma final.

Banca Examinadora:

Profª Erilane de Castro Lima Machado
Universidade Federal de Pernambuco

Profª Jenyffer Medeiros Campos
Universidade Federal de Pernambuco

Profº Paulo Roberto Campagnoli de Oliveira Filho
Universidade Federal Rural de Pernambuco

DEDICATÓRIA

Aos meus pais Edna e Moacir, pelo amor, apoio e por todos os anos de dedicação.

Ao meu marido Diogo pelo seu amor, companhia e incentivo.

Dedico

AGRADECIMENTOS

Agradeço à minha orientadora, professora Andreлина (Lia), que sempre me motivou e exigiu, confiando em minha capacidade.

Às minhas co-orientadoras, professoras Argélia e Enayde, pela disponibilidade e por todos os conhecimentos passados.

Agradeço aos membros da banca examinadora pela disponibilidade e pelas preciosas contribuições para o enriquecimento deste trabalho.

À todos os professores do Programa de Pós Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos por todos os ensinamentos passados.

Ao professor Paulo e à Dra Pamela pelo grande auxílio em algumas análises e na resolução de dúvidas.

Aos ex-alunos do PGCTA, Mariana e Wallace pela disponibilidade em me ensinar análises indispensáveis ao desenvolvimento do trabalho e também à Jaqueline, técnica do laboratório.

Aos queridos colegas de turma do mestrado, agradeço à Augusto, Helen, Keliane, Robson e principalmente Fabiana, Jocelane e Sydia pelo apoio, motivação, os momentos de descontração e aprendizado.

À Universidade Federal Rural de Pernambuco e ao Departamento de Ciências Domésticas por possibilitarem a realização deste trabalho.

Agradeço à Coordenação de Aperfeiçoamento Pessoal do Ensino Superior (CAPES) pela concessão da bolsa.

Aos demais amigos não citados, mas igualmente merecedores da minha gratidão.

RESUMO

A carne de frango é um alimento de alto valor nutricional e desde o ano de 2008 é o tipo de carne mais consumido no Brasil. Porém, devido à rápida deterioração, crescimento microbiano e a oxidação lipídica, faz-se necessário o uso de alternativas que aumentem sua vida útil. Buscando atender a recente demanda do consumidor por produtos frescos e sem aditivos sintéticos, o uso de sistemas de embalagem associado à antioxidantes naturais mostra-se uma alternativa para a conservação de carnes. Este trabalho teve por objetivo avaliar a qualidade da carne de frango embalada a vácuo e adicionada de antioxidantes extraídos de resíduo de acerola (*Malpighia emarginata* D.C.). Filezinhos de peito de frango foram imersos em soluções a 1, 3 e 5% de extrato de resíduo de acerola e embalados aerobicamente ou a vácuo, sendo armazenados por 12 dias em refrigeração ($3 \pm 1^\circ\text{C}$), sendo retiradas amostras a cada 2 dias para avaliação da eficiência dos tratamentos de imersão em soluções de extrato e diferentes embalagens na manutenção da qualidade e validade comercial. Parâmetros como pH, cor, oxidação lipídica, perda de peso por cocção, força de cisalhamento e perfil de textura foram avaliados. A embalagem a vácuo demonstrou forte inibição da oxidação lipídica, principalmente quando associada ao extrato de acerola. O uso do extrato na concentração a 3% mostrou ser mais vantajoso que as concentrações a 1% e 5% na inibição da oxidação lipídica. O pH das amostras embaladas a vácuo manteve-se constante ($p > 0,05$), entre 6,07 a 6,31, enquanto que o pH das amostras em embalagem aeróbica (6,07 a 7,18) ao longo do armazenamento. A embalagem a vácuo, em comparação à embalagem aeróbica, mostrou maior intensidade ($p < 0,01$) de coloração vermelha (valor de a^*) a partir do 4º dia de armazenamento e impediu o escurecimento (queda de L^*) nas amostras. O extrato de resíduo de acerola não alterou a textura ($p > 0,05$) das amostras, no entanto amostras em embalagem aeróbica obtiveram melhores resultados para Força de cisalhamento, Dureza e Perda de peso por cocção que as amostras embaladas a vácuo. As amostras embaladas a vácuo mostraram maiores valores de Dureza (chegando até 4,003 kg *versus* 3,626 kg na embalagem aeróbica), maiores valores de força de cisalhamento no tempo 8 (controle 3,514 kg e a 5% de extrato 3,662 kg) e as maiores perdas de peso por cocção no 8º dia. Conclui-se que o uso da embalagem a vácuo é eficaz na preservação de cor L^* e a^* , na proteção contra a oxidação lipídica, manutenção do pH, porém nas condições do presente estudo a embalagem a vácuo mostrou menor vantagem em relação à embalagem aeróbica nos parâmetros de maciez (Força de cisalhamento e Dureza) e perda de peso por cocção. O extrato de resíduo de acerola mostrou ação sinérgica com a embalagem a vácuo conferindo maior proteção contra a oxidação.

Palavras-chave: aves, subprodutos, antioxidante natural, oxidação lipídica, TBARS.

ABSTRACT

Chicken meat is a high nutritional value food and since 2008 it's the most consumed meat type in Brazil. However, due to rapid deterioration, microbial growth and lipid oxidation, there's a need for using alternatives that increase its shelf life. Seeking to meet the recent consumer demand for fresh and non synthetic additive products, the use of packaging systems associated with natural antioxidants is an alternative for meat preservation. This study aimed to assess the quality of vacuum packed chicken meat with antioxidants extracted from acerola (*Malpighia emarginata* D.C.) agro-industrial waste. Chicken breast tenderloins were immersed in solutions at 1, 3 and 5% acerola waste extract and aerobically or vacuum packed. For evaluating the effectiveness of the treatment on maintaining the quality of chicken meat tenderloins, parameters of physical and chemical quality during storage period were assessed. During 12 days on refrigeration storage ($3\pm 1^{\circ}\text{C}$), important parameters of meat quality were evaluated including pH, color, lipid oxidation, weight loss by cooking, shear force and texture profile. The results of TBARS in chicken tenderloins, showed significant differences ($p < 0.01$) among all treatments and also on the interaction treatment x storage time ($p < 0.01$). The vacuum packaging demonstrated strong inhibition of lipid oxidation, especially when associated with acerola waste extract. The 3% acerola waste extract solution showed significantly better results ($p < 0.01$) than the concentrations 1% and 5% for inhibition of lipid oxidation. The pH of vacuum packed samples remained more constant (6,07 to 6,31) than the aerobic packed ones (6,07 a 7,18) throughout the storage period. Vacuum packaging, compared to aerobic packaging, showed greater ($p < 0,01$) red color intensity (a^* value) since the 4th day of storage period and prevented the blackening (L^* value drop) in the samples. The acerola waste extract did not alter the texture ($p > 0.05$) of the samples, however the aerobic packaged samples got better results for shear force, hardness and cooking loss than the vacuum packaged samples. Vacuum packed samples showed higher hardness values (up to 4.003 kg versus 3.626 kg in aerobic packaging), higher shear force values on the 8th day (Control 3.514 kg and 5% extract 3.662 kg) and the highest cooking loss on the 8th day. It follows that the use of vacuum packaging is effective in preserving color L^* and a^* , protection against lipid oxidation, pH maintenance, but in the present study conditions showed lower vacuum packaging advantage over the aerobic packaging when related to tenderness parameters (shear force and hardness) and cook loss. The acerola residue extract showed synergistic action with the vacuum packaging providing greater protection against oxidation.

Key words: poultry, by-products, natural antioxidant, lipid oxidation, TBARS.

LISTA DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1 - Reação do teste de TBA entre o ácido 2-tiobarbitúrico e o malonaldeído | 20 |
| Figura 2 - Quadro com estudos recentes em aplicação de substâncias naturais como antioxidantes da carne de frango | 22 |
| Figura 3 - Diagrama representando os tratamentos utilizados no experimento ... | 38 |
| Figura 4 - Fluxograma do preparo das amostras de filezinho para o experimento | 38 |
| Figura 5 - Valores médios de pH do filezinho de frango em diferentes dias de armazenamento, em embalagem aeróbica (A) e em embalagem a vácuo (B) | 52 |
| Figura 6 - Valores médios de L* (luminosidade) dos filezinhos de frango (<i>Pectoralis minor</i>), com diferentes concentrações de extrato de resíduo de acerola em embalagem aeróbica (A) e em embalagem a vácuo (B) nos diferentes tempos de armazenamento (dias) | 55 |
| Figura 7 - Perda de peso por cocção dada em porcentagem (%) do filezinho de frango em diferentes dias de armazenamento, em embalagem aeróbica (A) e em embalagem a vácuo (B) | 59 |
| Figura 8 - Valores médios de força de cisalhamento (kg) do filezinho de frango, segundo tratamento e tempo de armazenamento (dias), em embalagem aeróbica (A) e em embalagem a vácuo (B)..... | 63 |

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1 - Valores médios (\pm desvio padrão) de TBARS do filezinho de frango em diferentes tratamentos e diferentes dias de armazenamento. Dados expressos em mg de malonaldeído.kg⁻¹ de amostra úmida 49
- Tabela 2 - Valores médios (\pm desvio padrão) de cor a* da superfície do filezinho de frango (*Pectoralis minor*), segundo tratamento e tempo de armazenamento (dias) 56
- Tabela 3 - Valores médios (\pm desvio padrão) de cor b* da superfície do filezinho de frango, segundo tratamento e tempo de armazenamento 58
- Tabela 4 - Valores médios (\pm desvio padrão) de dureza (em kg) de filezinhos de frango, segundo tratamento e tempo de armazenamento a $3 \pm 1^\circ\text{C}$ 61
- Tabela 5 - Valores médios (\pm desvio padrão) de elasticidade (em milímetros) de carne de frango, segundo tratamento e tempo de armazenamento 61
- Tabela 6 - Valores médios (\pm desvio padrão) de coesividade da carne de frango, segundo tratamento e tempo de armazenamento 62

SUMÁRIO

| | |
|---|-----------|
| 1. INTRODUÇÃO | 12 |
| 2. PROBLEMA DE PESQUISA E HIPÓTESE | 14 |
| 3. REVISÃO DE LITERATURA | 15 |
| 3.1 Potencial da Avicultura Nacional..... | 15 |
| 3.2 Carne de Frango..... | 15 |
| 3.3 Embalagens para Carnes | 16 |
| 3.4 Embalagem a vácuo | 17 |
| 3.5 Oxidação..... | 18 |
| 3.6 Antioxidantes..... | 20 |
| 3.7 Resíduos agroindustriais..... | 23 |
| 3.8 Acerola..... | 24 |
| REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... | 26 |
| Artigo..... | 32 |
| Efeito da Embalagem a Vácuo e Resíduo Agroindustrial de Acerola em Filezinho de Frango (<i>Pectoralis minor</i>) | 33 |
| RESUMO..... | 33 |
| ABSTRACT..... | 34 |
| 1. INTRODUÇÃO | 35 |
| 2. MATERIAL E MÉTODOS..... | 36 |
| 2.1 Obtenção do extrato de resíduo de acerola..... | 36 |
| 2.2 Obtenção e preparo das amostras de filé de frango..... | 37 |
| 2.3 Determinação de compostos fenólicos totais | 40 |
| 2.4 Capacidade antioxidante do extrato | 40 |
| 2.5 Composição química | 41 |
| 2.6 Determinação da oxidação lipídica (TBARS)..... | 42 |

| | |
|---|----|
| 2.7 Determinação do pH..... | 43 |
| 2.8 Parâmetros de Cor | 43 |
| 2.9 Perda de peso por cocção..... | 44 |
| 2.10 Análise de perfil de textura (TPA)..... | 44 |
| 2.11 Força de cisalhamento | 45 |
| 2.12. Análise estatística..... | 46 |
| RESULTADOS E DISCUSSÃO | 46 |
| 3.1 Determinação de compostos fenólicos totais e Capacidade antioxidante do extrato | 46 |
| 3.2 Composição química | 47 |
| 3.3 Determinação da oxidação lipídica (TBARS)..... | 48 |
| 3.4 Determinação do pH..... | 52 |
| 3.5 Parâmetros de Cor | 53 |
| 3.6 Perda de peso por cocção..... | 59 |
| 3.7 Análise de perfil de textura (TPA)..... | 60 |
| 3.8 Força de cisalhamento | 62 |
| CONCLUSÃO | 65 |
| REFERÊNCIAS | 66 |

1. INTRODUÇÃO

Desde o ano de 2008, a carne de frango é a carne mais consumida no Brasil, sendo o consumo *per capita*/ano de 41,8 kg no ano de 2013, aumento de 40% quando comparado ao consumo no ano 2000 (ABPA, 2014).

Este aumento do consumo de carne de aves pode ser atribuído às características sensoriais desejáveis e da associação que o consumidor tem dessa carne ser mais saudável do que as carnes vermelhas (ARGYRI; PANAGOU; NYCHAS, 2012). Métodos de produção e de processamento mais eficiente e tecnologicamente avançadas resultaram em uma maior disponibilidade e maior variedade de produtos avícolas para os consumidores (ZHOU; XU; LIU, 2010).

Como é um alimento altamente perecível, o alto consumo de produtos de aves leva a preocupações relativas à segurança do produto, prazo comercial e qualidade sensorial (ARGYRI; PANAGOU; NYCHAS, 2012).

O objetivo de qualquer sistema de embalagem para carnes é prevenir ou retardar alterações indesejáveis na aparência, sabor, odor e textura. Entre os efeitos da deterioração pode-se incluir a descoloração, desenvolvimento de sabor e aroma desagradáveis, a perda de nutrientes e mudanças de textura. Essas alterações podem resultar em perdas econômicas devido à rejeição do consumidor ao produto (GILL, A. O.; GILL, C. O., 2005; ZHOU; XU; LIU, 2010).

A carne de aves é reconhecida como sendo altamente sensível aos processos oxidativos devido ao alto grau de insaturação dos lipídeos quando comparada com carnes de outras espécies animais como bovinos e suínos. Essa alta proporção de ácidos graxos poliinsaturados pode ser a causa da menor estabilidade oxidativa da carne de aves durante a armazenagem fazendo-se necessária uma fator de proteção contra a oxidação de lipídeos (BRENESELOVÁ et al., 2015, MIN et al., 2008).

A oxidação lipídica, juntamente com a deterioração microbiana, é uma das principais causas de deterioração das carnes e tem papel muito importante na

aceitação desses produtos já que os produtos dessa oxidação causam odor e sabor desagradáveis (SAMPAIO et al., 2012; RADHA KRISHNAN et al., 2014).

As frutas têm despertado interesse tanto dos consumidores como de pesquisadores por suas propriedades promotoras de saúde, sendo seus benefícios atribuídos ao seu alto conteúdo de compostos bioativos, que agem como antioxidantes e por essa razão as frutas constituem uma boa alternativa aos antioxidantes sintéticos (KARRE, LOPEZ, GETTY, 2013).

Do processamento agroindustrial dos alimentos são geradas grandes quantidades de subprodutos ricos em compostos fenólicos, com grande potencial para serem utilizados como fontes naturais de antioxidantes. Alguns desses subprodutos foram estudados e têm provado serem antioxidantes eficazes em matrizes alimentares (BALASUNDRAM; SUNDRAM; SAMMAN, 2006; BABBAR et al., 2014).

O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da embalagem a vácuo e a adição de extrato de resíduo agroindustrial de acerola na qualidade de filezinhos de peito de frango (*Pectoralis minor*), armazenados sob refrigeração ($3 \pm 1^\circ\text{C}$) por 12 dias.

2. PROBLEMA DE PESQUISA E HIPÓTESE

A carne de frango, fonte de nutrientes, é um produto de importância econômica para o Brasil que apresenta curta validade comercial em função de sua alta perecibilidade. Desta forma, o aumento da validade comercial deste produto, constitui um desafio para as indústrias processadoras. Portanto, o emprego de tecnologias que mantenham a qualidade e aumentem a vida útil da carne de frango resfriada, torna-se necessário.

O uso de embalagens a vácuo associadas à antioxidantes naturais podem ser uma alternativa viável em prolongar a vida útil de filezinho de frango?

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Potencial da Avicultura Nacional

O Brasil ocupa papel importante no cenário internacional da carne de frango, sendo o maior exportador mundial. Em relação à produção, é o terceiro maior produtor mundial, ficando atrás apenas dos EUA, com 16,9 milhões de toneladas e a China, com 13,5 milhões de toneladas. Do ano 2000 a 2013 houve um aumento de mais de 100% no volume de produção no Brasil, passando de 5,98 para 12,3 milhões de toneladas de carne de frango no ano (ABPA, 2014).

A maior parte da carne de frango exportada pelo Brasil é de produto *in natura*, que em 2013 correspondeu à 95% de todo o volume exportado, sendo apenas 5% referentes às exportações de produtos processados (ABPA, 2014).

A carne de frango é a carne mais consumida no Brasil desde o ano de 2008. Seu consumo teve um aumento de 40% do ano de 2000 (30 kg *per capita*/ano) ao ano de 2013 (42 kg *per capita*/ano) no Brasil (ABPA, 2014).

3.2 Carne de Frango

Carne é o tecido muscular de animais abatidos, composta de água, proteínas, lipídeos, minerais e uma proporção muito pequena de carboidratos. Essa composição diversa de nutrientes torna-a um ambiente ideal para o crescimento e propagação de microrganismos deteriorantes e patógenos de origem alimentar (ZHOU; XU; LIU, 2010, SHAH; BOSCO; MIR, 2014).

O período de vida útil de um produto pode ser definido como o tempo que se passa desde a produção e a embalagem, até o ponto em que ele se torna inaceitável para o consumo. Além do tempo de estocagem, a vida útil dos alimentos depende das condições ambientais, tais como temperatura, umidade, luz e oxigênio. A temperatura e a umidade, podem aumentar a taxa de

deterioração à medida que se elevam, ou retardar o processo à medida que diminuem (PÉREZ-CHABELA, 2007).

Carne fresca é o termo usado para designar a carne de animais recém-abatidos, que não passou por qualquer tratamento além de refrigeração e embalagem para garantir a preservação. A deterioração da carne de frango fresca é o maior problema enfrentado por processadores de carnes, causando grande perda econômica, o que leva ao desenvolvimento de métodos para prolongar sua validade comercial e qualidade global (ZHOU; XU; LIU, 2010, PETROU et al., 2012).

3.3 Embalagens para Carnes

A indústria de embalagens tem investido no desenvolvimento de tecnologias que ajudam a indústria de carnes a satisfazer tanto o varejista como o consumidor. As principais tendências que a levam a investir nesse setor são: a necessidade de se reduzir o trabalho e mão-de-obra no corte e embalagem de carnes no varejo, menor tempo disponível do consumidor para o preparo das refeições e sua demanda por produtos frescos, de alta qualidade e fácil preparo e auxiliar a indústria de carnes no fornecimento contínuo de alimentos seguros (BELCHER, 2006).

Os sistemas de embalagem são projetados para manter a qualidade natural da carne de aves ao longo da cadeia de distribuição em uma série de eventos ou estágios até preparação e consumo final pelos consumidores. O principal papel de embalagem para produtos de aves é prolongar a vida útil desses alimentos (TOTOSAUS; KURI, 2007).

As variáveis que influenciam a durabilidade da carne fresca embalada são: o tipo de produto, a composição da atmosfera da embalagem, temperatura de armazenamento e o uso de aditivos (ZHOU; XU; LIU, 2010).

Os materiais de embalagem utilizados para os produtos cárneos em sua maioria são plásticos, onde polímeros com boa propriedade de barreira ao

oxigênio, como a poliamida, são incorporados à polímeros com boas propriedades de barreira de vapor d'água e selabilidade, tais como o polietileno e polipropileno (PÉREZ-CHABELA, 2007).

3.4 Embalagem a vácuo

O armazenamento em presença de oxigênio é conhecido por acelerar processos de oxidação lipídica e a degradar a qualidade sensorial de carnes. O armazenamento aeróbico leva à oxidação da oximioglobina a metamioglobina, causando perda da cor vermelha (SCHEVEY, TOSHKOV, BREWER, 2013, JONGBERG et al., 2014).

Um tipo de embalagem muito usada na conservação de carnes é a embalagem a vácuo, que envolve a colocação de um produto numa embalagem de baixa permeabilidade ao oxigênio, remoção de todo o ar atmosférico, seguida de selagem hermética. O nível de O₂ é reduzido para menos de 1% por um vácuo no interior da embalagem antes da selagem (ARGYRI; PANAGOU; NYCHAS, 2012).

O emprego de embalagens a vácuo ou de baixa permeabilidade à gases é recomendado para minimizar o contato das carnes com o oxigênio, protegendo-as da oxidação, resultando num maior prazo comercial das carnes (SELANI et al., 2010; BRENESSELOVÁ et al., 2015).

A concentração de mioglobina no músculo do frango é normalmente baixa, por isso, a carne de frango exposta ao ar não exhibe a cor vermelho-brilhante da oximioglobina, e sim um tom pálido, coloração totalmente aceita pelos seus consumidores. Já a carne bovina, pela sua alta concentração de mioglobina, quando embalada a vácuo, apresenta coloração púrpura escura, sendo rejeitada por muitos consumidores. Pela aparência da carne de frango não ser afetada por condições anaeróbicas, ou baixas concentrações de oxigênio, as embalagens impermeáveis a gases podem ser perfeitamente utilizadas para armazenagem ou exposição (GILL, A.O.; GILL C.O, 2005, SANTOS et al., 2015).

3.5 Oxidação

Os ácidos graxos poliinsaturados são muito suscetíveis à oxidação lipídica devido à presença de duplas ligações de carbono, que enfraquecem as ligações de carbono e hidrogênio (C-H) e fazem os íons H⁺ vulneráveis a reações oxidativas desencadeadas por radicais livres (BEKHIT et al., 2013).

A presença de uma grande quantidade de radicais livres nos alimentos estão associados à carcinogênese, mutagênese, inflamação, mudanças no DNA, envelhecimento e doenças cardiovasculares (BABBAR et al., 2014).

A autooxidação é considerada o mais importante mecanismo causador de oxidação lipídica nos alimentos, sendo iniciada por espécies reativas de oxigênio (ROS), tendo como etapas a iniciação, propagação e a terminação (MIN; AHN, 2005).

A deterioração oxidativa dos ácidos graxos poliinsaturados leva à formação de produtos que podem ser classificados como primários ou secundários. Hidroperóxidos e dienos conjugados são produtos primários e carbonilas (cetonas e aldeídos), alcoóis, hidrocarbonetos e malonaldeído, produtos secundários, sendo estes últimos os responsáveis pelo desenvolvimento de rancidez em alimentos armazenados (MIN; AHN, 2005, BEKHIT et al., 2013, BRENESSELOVÁ et al., 2015).

A oxidação lipídica pode ser catalisada pela oxidação de pigmentos, e radicais livres produzidos durante a oxidação podem oxidar íons de ferro ou desnaturar moléculas de mioglobina, o que altera a coloração das carnes (SELANI et al., 2011). Com isso a qualidade de carnes e produtos cárneos é prejudicada pela oxidação de ácidos graxos, afetando negativamente o sabor, aroma, cor e textura (AVILA-RAMOS et al., 2013), promovendo assim rancidez, *flavor* desagradável e deterioração da cor (BEKHIT et al., 2013).

A taxa de oxidação lipídica em carnes depende de vários fatores internos como teor de lipídeos, índice de saturação dos ácidos graxos, concentração de antioxidantes naturais, pigmentos heme e ferro (MIN et al., 2008, MIN et al., 2010)

além de fatores externos como presença ou ausência de oxigênio, luz e temperatura (BEKHIT et al., 2004).

A carne de aves é reconhecida como altamente sensível aos processos de oxidação devido ao alto grau de insaturação dos lipídeos presentes (MIN et al., 2008). No entanto, o teor de lipídeos assim como a composição de ácidos graxos é muito importante para determinar a oxidação lipídica durante o armazenamento das carnes (MIN; CORDRAY; AHN, 2010).

Em estudo de Min, Cordray e Ahn (2010) comparando a oxidação lipídica de carne de frango e bovina, observou-se que o teor maior de ácidos graxos polinsaturados foi menos impactante na oxidação lipídica quando comparado com o teor de lipídeos totais, já que a carne bovina apresentou maior índice de oxidação quando comparada com a carne de peito de frango, que possui maior quantidade de ácidos graxos poliinsaturados porém menor teor de lipídeos totais. Além disso a carne de frango apresenta menor concentração de mioglobina, fonte de íons ferro livres.

Min e Ahn (2009) sugerem que o alto teor de mioglobina é responsável por um desbalanço entre fatores anti e pró-oxidantes levando a uma menor estabilidade oxidativa em carne bovina quando comparada ao peito de frango.

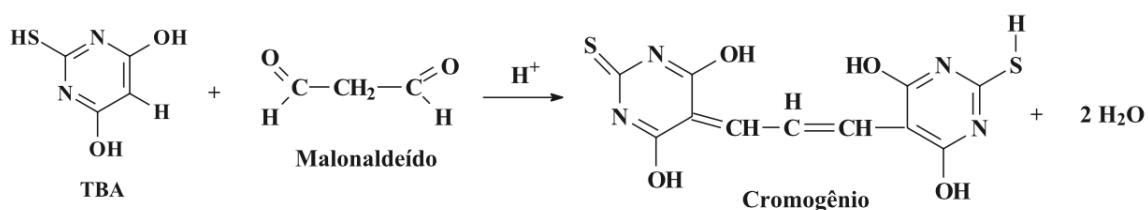
Santos et al. (2015) estudaram diferentes tipos de embalagem, vácuo e diferentes combinações entre gases (N_2 , O_2 , CO e CO_2), em carne bovina mantida a $2^\circ C$, verificando que a oxidação lipídica aumenta significativamente quando nos sistemas de embalagem em atmosfera modificada quando comparados com o vácuo.

A cor é um dos parâmetros mais importantes utilizado pelos consumidores para determinar a qualidade da carne e fatores como concentração e estado de oxidação de pigmentos heme (principalmente a mioglobina), pH, temperatura, tempo de armazenamento da carne podem contribuir para a variação na cor da carne. Os consumidores associam a mudança de cor à perda de nutrientes e menor frescor (QIAO et al., 2001, SCHEVEY; TOSHKOV; BREWER, 2013).

A determinação de TBARS é uma das formas mais utilizadas para se avaliar a oxidação lipídica em alimentos em produtos de origem animal e apresenta uma forte correlação com a análise sensorial (NISSEN et al., 2000; CASTRO; MARIUTTI; BRAGAGNOLO, 2011). O consumidor detecta a rancidez em carnes a partir da concentração de 2,3 mg de malonaldeído.kg⁻¹ de carne (CAMPO et al., 2006).

A análise de TBARS quantifica o malonaldeído (MDA) formado durante o processo oxidativo. O malonaldeído é um dos principais produtos da decomposição dos hidroperóxidos de ácidos graxos poliinsaturados. A reação do teste de TBA é mostrada na Figura 1. A reação entre o ácido 2-tiobarbitúrico e o malonaldeído forma um composto colorido, medido espectrofotometricamente a 532 nm (OSAWA; FELÍCIO; GONÇALVES, 2005).

Figura 1 - Reação do teste de TBA entre o ácido 2-tiobarbitúrico e o malonaldeído



Fonte: Osawa, Felício e Gonçalves (2005).

3.6 Antioxidantes

Antioxidantes são substâncias que em concentrações adequadas são capazes de prevenir ou inibir processos de oxidação, retardando a oxidação de moléculas suscetíveis, tais como lípideos e proteínas em produtos cárneos, melhorando, assim, a vida de prateleira (KARRE; LOPEZ; GETTY, 2013, BABBAR et al., 2014).

Segundo a Portaria nº 1004 do Ministério da Saúde (BRASIL, 1998) e a Instrução Normativa nº 51 do Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento

(BRASIL, 2006) somente os aditivos sintéticos têm limite de uso estabelecido em produtos cárneos, dentre eles pode se citar o BHA (Butil hidroxianisol), o BHT (Butil hidroxitolueno) e o Galato de propila. Pela legislação atual não é permitido o uso de antioxidantes em carnes frescas ou congeladas, apenas em produtos cárneos.

Há uma preocupação dos consumidores e fabricantes em relação à segurança na ingestão de antioxidantes sintéticos e seus efeitos a longo prazo. Por isso pesquisas com o uso de ingredientes naturais têm aumentado, buscando compostos naturais que possam ser utilizados em alternativa aos sintéticos (YU; AHMEDNA; GOKTEPE, 2010, DEVATKAL; THORAT; MANJUNATHA, 2014, BABBAR et al., 2014).

O interesse por produtos naturais tornou-se ainda maior desde a autorização do uso de extratos de alecrim como aditivos em alimentos pela União Europeia em 2010. As aplicações especificadas pelas diretrizes 2010/67/EU e 2010/69/EU incluem o uso desses extratos em carnes (KARRE, LOPEZ, GETTY, 2013). Além disso o FDA (*Food and Drug Administration*) órgão que regulamenta o uso de aditivos nos alimentos nos EUA, classificou o ácido tânico, composto fenólico presente em uma grande variedade de frutas e cereais, como substância reconhecidamente segura (GRAS) para adição em alimentos, incluindo as carnes (MAQSOOD; BENJAKUL, 2010).

Diversos estudos têm demonstrado a eficácia de substâncias naturais como antioxidantes na carne de frango (Figura 2).

Figura 2 - Quadro com estudos recentes em aplicação de substâncias naturais como antioxidantes da carne de frango

| Substância | Tipo de Aplicação | Autores |
|-------------------------------|------------------------------|------------------------------------|
| Urucum | Na carne | CASTRO; MARIUTTI; BRAGAGNOLO, 2011 |
| Romã | Na carne | VAITHIYANATHAN et al., 2011 |
| Resíduo de tomate | Na carne | ALVES et al., 2012 |
| <i>Echinacea angustifolia</i> | Na carne | GALLO; FERRACANE; NAVIGLIO, 2012 |
| Mel, alecrim e orégano | Na carne | SAMPAIO et al., 2012 |
| Erva mate | Na dieta das aves | RACANICCI et al., 2011 |
| Folha de acácia-branca | Na dieta das aves | NKUKWANA et al., 2013 |
| Cúrcuma | Na dieta das aves | ZHANG et al., 2015 |
| Orégano e mel | Na dieta das aves e na carne | ÁVILA-RAMOS et al., 2013 |

O uso combinado de embalagem a vácuo e substâncias naturais como antioxidantes em carnes tem demonstrado vantagem em relação aos sintéticos. Resultados de estudos sugerem que a associação dos dois sistemas tem efeito sinérgico.

Papazoglou, Tsiraki e Savvaidis (2012) relataram que o uso de óleo de tomilho e embalagem a vácuo em fígado de frango proporciona menor oxidação lipídica e um aumento de até 7 dias na validade comercial.

Kumar et al. (2011) utilizando a embalagem a vácuo em *nuggets* de frango reportaram baixos índices de oxidação lipídica por todo o período de armazenamento (45 dias), tanto para amostras controle (apenas vácuo) como para as amostras adicionadas de farinhas de banana verde e de casca de soja, sendo que nestas últimas, a oxidação foi menor ainda.

A atividade antioxidante depende da concentração de compostos ativos disponíveis para sequestrar os radicais livres formados durante o período de armazenagem (PÉREZ-CHABELA, 2007). Os compostos fenólicos, substâncias naturalmente presentes nos vegetais, apresentam atividade antioxidante devido ao grupo hidroxila ligado ao anel aromático, que tem habilidade de doar elétrons

com átomos de hidrogênio e neutralizar radicais livres (RADHA KRISHNAN et al., 2014).

3.7 Resíduos agroindustriais

Os compostos fenólicos são responsáveis por grande parte da atividade antioxidante de frutas e vegetais. Esses compostos têm a capacidade de doar elétrons, quelar íons metálicos, tem atividade sequestrante de radicais devido aos grupos hidroxila e duplas ligações conjugadas (BALASUNDRAM; SUNDRAM; SAMMAN, 2006, PAZ et al., 2015).

A indústria processadora de frutas gera uma grande quantidade de resíduos (cascas, sementes e polpa) (OLIVEIRA et al., 2009). As frutas são ricas em compostos bioativos, como os polifenóis, carotenoides, vitaminas e fibras e, na maioria dos casos, estes componentes podem ser encontrados nos resíduos em quantidade igual ou superior à própria fruta (MIRABELLA; CASTELLANI; SALA, 2014).

Os resíduos gerados no processamento das frutas geralmente é descartado e pode trazer problemas ambientais (NÓBREGA et al., 2015). O aproveitamento dos compostos bioativos contidos nesses resíduos é interessante tanto do ponto de vista econômico, já que é abundante e de baixo custo, como do ponto de vista ambiental, reduzindo a quantidade de resíduos descartados (SILVA et al., 2014).

As indústrias processadoras de carnes têm procurado por antioxidantes naturais eficazes e de bom custo benefício que possam substituir substâncias sintéticas sem afetar negativamente a qualidade dos produtos acabados e a percepção do consumidor (SHAH; BOSCO; MIR, 2014).

Resíduos agroindustriais com propriedades antioxidantes têm sido utilizados em estudos como no de Packer et al. (2015), onde foi relatado que a adição de extrato de resíduo de goiaba e beterraba em carne de frango confere proteção contra a oxidação lipídica, fato evidenciado pela menor formação de

substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS). Resultados melhores foram verificados quando os extratos foram associados à embalagem a vácuo, onde amostras de carne de frango adicionadas de extratos e embaladas à vácuo apresentam valores aproximadamente dez vezes menores que o da amostra em embalagem aeróbica sem extratos.

Schevey, Toshkov e Brewer (2013) obtiveram carnes com melhores características sensoriais ao longo do armazenamento utilizando extrato de semente de uva, combinado com extrato de romã em carne bovina irradiada. Naveena et al. (2008) obtiveram menores valores de TBARS na carne de frango adicionada de extrato de resíduo de romã. O uso de extrato de casca de amendoim em frango conferiu maior estabilidade da tonalidade vermelha em carne de frango e menores valores de TBARS no trabalho desenvolvido por Munekata et al. (2015).

O extrato de resíduo de uvas no estudo de Shirahigue et al. (2010), foi tão efetivo quanto antioxidantes sintéticos na prevenção da oxidação lipídica de carne de frango refrigerada. Selani et al. (2011) também utilizaram o extrato de resíduo de uva na carne de frango, dessa vez embalada a vácuo e congelada. Os autores obtiveram resultados semelhantes ao estudo de Shirahigue et al. (2010), sendo concluído que o uso desses resíduos combinado com a embalagem a vácuo e o armazenamento em temperatura de congelamento pode ser considerado um método efetivo para retardar as reações de oxidação.

3.8 Acerola

O Brasil possui condições climáticas ideais para a produção de um grande número de frutas, as quais são importante fonte econômica no país pelo seu potencial agroindustrial. A avaliação das propriedades bioativas dessas frutas é importante para atingir novos mercados específicos criados pela demanda de consumidores por produtos mais saudáveis (PAZ et al., 2015).

As frutas tropicais podem ser classificadas de acordo com o teor de polifenóis em três categorias: baixo (<500 mg EAG/100g de matéria seca), médio (500 a 2500 mg EAG/100g de matéria seca) e alto (>2500 mg EAG/100g) (SILVA et al., 2014). A polpa de acerola (*Malpighia emarginata* D.C.) apresenta valores altíssimos de compostos fenólicos (MEZADRI et al., 2008; SILVA et al., 2014; PAZ et al., 2015).

Em estudo realizado por Silva et al. (2014) foi investigada a concentração de compostos bioativos de 12 frutas tropicais do Brasil (abacaxi, acerola, cajá, caju, goiaba, graviola, mamão, manga, maracujá, pitanga, sapoti e tamarindo), sendo a acerola, a espécie com maior concentração de compostos fenólicos totais na polpa. Já em relação ao resíduo, o de acerola teve a segunda maior concentração desses compostos, ficando atrás apenas do resíduo de pitanga, concluindo que a acerola pode ser considerada uma excelente fonte de compostos fenólicos.

Realini et al. (2015) estudaram a influência da adição de extrato de acerola na concentração de 0,015% na formulação de hambúrguer bovino. O extrato de acerola melhorou a estabilidade lipídica e da cor os autores, desta forma os autores concluíram que a adição do extrato de acerola confere uma extensão de 3 dias na validade comercial de hambúrguer bovino.

Sancho et al., (2015) encontraram um teor de compostos fenólicos em resíduo de acerola superior ao teor encontrado em polpas de frutas como caju, goiaba, manga, mamão, abacaxi e sapoti. O resíduo de acerola retém altas concentrações de compostos fenólicos, antocianinas e ácido ascórbico da fruta. Apesar do resíduo de acerola apresentar valores menores de compostos fenólicos que a porção comestível da fruta, possui ainda uma alta concentração desses compostos. O resíduo de acerola pode ser considerado uma fonte importante de fenólicos (SANCHO et al., 2015).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABPA. Associação Brasileira de Proteína Animal. **Relatório Anual 2014**. Disponível em: <http://www.ubabef.com.br/publicacoes?m=75&date=2014-03>. Acesso em: 20 jul. 2014.

ALVES, A. B. et al. Antioxidant protection of high-pressure processed minced chicken meat by industrial tomato products. **Food and Bioproducts Processing**, v. 90, n. 1, p. 499-505, 2012.

ARGYRI, A. A.; PANAGOU, E. Z.; NYCHAS, G. J. E. Advances in vacuum and modified atmosphere packaging of poultry products. In: **Advances in Meat, Poultry and Seafood Packaging**, J. P. Kerry (ed). Cambridge: Woodhead, p. 205-247, 2012.

AVILA-RAMOS, F. et al. Dietary supplemented and meat-added antioxidants effect on the lipid oxidative stability of refrigerated and frozen cooked chicken meat. **Poultry Science**, v. 92, n. 1, p. 243-249, 2013.

BABBAR, N. et al. Influence of different solvents in extraction of phenolic compounds from vegetable residues and their evaluation as natural sources of antioxidants. **Journal of Food Science and Technology**, v. 51, n. 10, p. 2568-2575, 2014.

BALASUNDRAM, N.; SUNDRAM, K.; SAMMAN, S. Phenolic compounds in plants and agri-industrial by-products: Antioxidant activity, occurrence, and potential uses. **Food Chemistry**, v. 99, n. 1, p. 191-203, 2006.

BEKHIT, A. E. A. et al. Pro-oxidant effects of carnosine, quercetin and rutin on the oxidative processes and metmyoglobin reducing activity in beef patties. **European Food Research & Technology**, v. 218, p. 507-14, 2004.

BEKHIT, A. E. A. et al. Oxidative processes in muscle systems and fresh meat: sources, markers, and remedies. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, v. 12, n. 5, p. 565-597, 2013.

BELCHER, J. N. Industrial packaging developments for the global meat market. **Meat Science**, v. 74, n.1, p.143-148, 2006.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Portaria nº 1004, de 11 de dezembro de 1998. Atribuição de Funções de Aditivos, Aditivos e seus limites máximos de uso para a Categoria 8 – Carnes e Produtos Cárneos. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, republicado em de 14 de dezembro de 1998.

_____. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 51, de 29 de dezembro de 2006. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 4 jan. 2007.

BRENESSELOVÁ, M. et al. Effects of vacuum packaging conditions on the quality, biochemical changes and the durability of ostrich meat. **Meat Science**, v. 101, p. 42-47, 2015.

CASTRO, W. F.; MARIUTTI, L. R. B.; BRAGAGNOLO, N. The effects of colorifico on lipid oxidation, colour and vitamin E in raw and grilled chicken patties during frozen storage. **Food Chemistry**, v. 124, n. 1, p. 126-131, 2011.

DEVATKAL, S. K.; NAVEENA, B. M. Effect of salt, kinnow and pomegranate fruit by-product powders on color and oxidative stability of raw ground goat meat during refrigerated storage. **Meat Science**, v. 85, n. 2, p. 306-311, 2010.

DEVATKAL, S. K.; THORAT, P.; MANJUNATHA, M. Effect of vacuum packaging and pomegranate peel extract on quality aspects of ground goat meat and nuggets. **Journal of Food Science and Technology**, v. 51, n. 10, p. 2685-2691, 2014.

GALLO, M.; FERRACANE, R.; NAVIGLIO, D. Antioxidant addition to prevent lipid and protein oxidation in chicken meat mixed with supercritical extracts of *Echinacea angustifolia*. **The Journal of Supercritical Fluids**, v. 72, p. 198-204, 2012.

GILL, A.O.; GILL, C.O. Preservative packaging for fresh meats, poultry and fin fish. In: **Innovations in Food Packaging**. J.H. Han (ed). New York: Elsevier, p. 204-226, 2005.

KARRE, L.; LOPEZ, K.; GETTY, K. J. K. Natural antioxidants in meat and poultry products. **Meat Science**, v. 94, n. 2, p. 220-227, 2013.

MAQSOOD, S.; BENJAKUL, S. Preventive effect of tannic acid in combination with modified atmospheric packaging on the quality losses of the refrigerated ground beef. **Food Control**, v. 21, n. 9, p. 1282-1290, 2010.

MEZADRI, T. et al. Antioxidant compounds and antioxidant activity in acerola (*Malpighia emarginata* DC.) fruits and derivatives. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 21, n. 4, p. 282-290, 2008.

MIN, B.; AHN, D. U. Mechanism of lipid peroxidation in meat and meat products-A review. **Food Science and Biotechnology**, v. 14, n. 1, p. 152-163, 2005.

MIN, B. et al. Endogenous factors affecting oxidative stability of beef loin, pork loin, and chicken breast and thigh meats. **Journal of Food Science**, v. 73, n. 6, p. C439-C446, 2008.

MIN, B.; AHN, D. U. Factors in various fractions of meat homogenates that affect the oxidative stability of raw chicken breast and beef loin. **Journal of Food Science**, v. 74, n. 1, p. C41-C48, 2009.

MIN, B.; CORDRAY, J. C.; AHN, D. U. Effect of NaCl, myoglobin, Fe (II), and Fe (III) on lipid oxidation of raw and cooked chicken breast and beef loin. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 58, n. 1, p. 600, 2010.

MIRABELLA, N.; CASTELLANI, V.; SALA, S. Current options for the valorization of food manufacturing waste: a review. **Journal of Cleaner Production**, v. 65, p. 28-41, 2014.

MUNEKATA, P. E. S. et al. Peanut skin extract reduces lipid oxidation in cooked chicken patties. **Poultry Science**, p. pev005, 2015.

NAVEENA, B. M. et al. Comparative efficacy of pomegranate juice, pomegranate rind powder extract and BHT as antioxidants in cooked chicken patties. **Meat Science**, v. 80, n. 4, p. 1304-1308, 2008.

NKUKWANA, T. T. et al. Fatty acid composition and oxidative stability of breast meat from broiler chickens supplemented with Moringa oleifera leaf meal over a period of refrigeration. **Food Chemistry**, v. 142, p. 255-261, 2014.

NTZIMANI, A. G.; GIATRAKOU, V. I.; SAVVAIDIS, I. N. Combined natural antimicrobial treatments (EDTA, lysozyme, rosemary and oregano oil) on semi cooked coated chicken meat stored in vacuum packages at 4 C: microbiological and sensory evaluation. **Innovative Food Science & Emerging Technologies**, v. 11, n. 1, p. 187-196, 2010.

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

PACKER, V. G. et al. Chemical characterization, antioxidant activity and application of beetroot and guava residue extracts on the preservation of cooked chicken meat. **Journal of Food Science and Technology**, p. 1-8, 2015.

PAPAZOGLU, S.; TSIRAKI, M.; SAVVAIDIS, I. N.; Effect of thyme oil on the preservation of vacuum-packaged chicken liver. **Journal of Food Science**, v. 77, n. 8, p. M473-M480, 2012.

PAZ, M. et al. Brazilian fruit pulps as functional foods and additives: Evaluation of bioactive compounds. **Food Chemistry**, v. 172, p. 462-468, 2015.

PÉREZ-CHABELA, M. L. Shelf Life of Fresh and Frozen Poultry, In: **Handbook of Meat, Poultry and Seafood Quality**, L. M. L. Nollet (ed.). Oxford: Blackwell, p. 467-474, 2007.

PETROU, S. et al. Chitosan dipping or oregano oil treatments, singly or combined on modified atmosphere packaged chicken breast meat. **International Journal of Food Microbiology**, v. 156, n. 3, p. 264-271, 2012.

QIAO, M. et al. The effect of broiler breast meat color on pH, moisture, water-holding capacity, and emulsification capacity. **Poultry Science**, v. 80, n. 5, p. 676-680, 2001.

RACANICCI, A. M. C. et al. Mate (*Ilex paraguariensis*) as dietary additive for broilers: performance and oxidative stability of meat. **European Food Research and Technology**, v. 232, n. 4, p. 655-661, 2011.

RADHA KRISHNAN, K. et al. Antimicrobial and antioxidant effects of spice extracts on the shelf life extension of raw chicken meat. **International Journal of Food Microbiology**, v. 171, p. 32-40, 2014.

REALINI, C. E. et al. Effects of acerola fruit extract on sensory and shelf-life of salted beef patties from grinds differing in fatty acid composition. **Meat Science**, v. 99, p. 18-24, 2015.

SAMPAIO, G. R. et al. Effect of natural antioxidant combinations on lipid oxidation in cooked chicken meat during refrigerated storage. **Food Chemistry**, v. 135, n. 3, p. 1383-1390, 2012.

SANCHO, S. O. et al. Characterization of the Industrial Residues of Seven Fruits and Prospection of Their Potential Application as Food Supplements. **Journal of Chemistry**, v. 2015, 2015.

SANTOS, P. R. et al. Tenderness and oxidative stability of Nellore bulls steaks packaged under vacuum or modified atmosphere during storage at 2° C. **Food Packaging and Shelf Life**, v. 4, p. 10-18, 2015.

SCHEVEY, C. T.; TOSHKOV, S.; BREWER, M. S. Effect of natural antioxidants, irradiation, and cooking on lipid oxidation in refrigerated, salted ground beef patties. **Journal of Food Science**, v. 78, n. 11, p. S1793-S1799, 2013.

SELANI, M. M. et al. Wine industry residues extracts as natural antioxidants in raw and cooked chicken meat during frozen storage. **Meat Science**, v. 88, n. 3, p. 397-403, 2011.

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

SHIRAHIGUE, L. D. et al. Wine industry residue as antioxidant in cooked chicken meat. **International Journal of Food Science & Technology**, v. 45, n. 5, p. 863-870, 2010.

SILVA, L. M. R. da et al. Quantification of bioactive compounds in pulps and by-products of tropical fruits from Brazil. **Food Chemistry**, v. 143, p. 398-404, 2014.

TOTOSAUS, A.; KURI, V. Packaging of fresh and frozen poultry, In: **Handbook of Meat, Poultry and Seafood Quality**, L. M. L. Nollet (ed.). Oxford: Blackwell, p. 475-485, 2007.

VAITHIYANATHAN, S. et al. Effect of dipping in pomegranate (*Punica granatum*) fruit juice phenolic solution on the shelf life of chicken meat under refrigerated storage (4° C). **Meat Science**, v. 88, n. 3, p. 409-414, 2011.

ZHANG, J. et al. Effect of various levels of dietary curcumin on meat quality and antioxidant profile of breast muscle in broilers. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 63, n. 15, p. 3880-3886, 2015.

ZHOU, G. H.; XU, X. L.; LIU, Y. Preservation technologies for fresh meat. **Meat Science**, v. 86, n. 1, p. 119-128, 2010.

Artigo

Efeito da Embalagem a Vácuo e Resíduo Agroindustrial de Acerola em Filezinho de Frango (*Pectoralis minor*)

Tatiana Itsuko Beker, Argélia Maria Araújo Dias Silva, Enayde de Almeida Melo
Andrelina Maria Pinheiro Santos

RESUMO

O objetivo deste estudo foi avaliar parâmetros de qualidade de filezinhos de frango (*Pectoralis minor*) embalados a vácuo ou em atmosfera normal, utilizando diferentes concentrações de extrato de resíduo de acerola (0, 1, 3 e 5%). Os filés foram imersos em solução de extrato de resíduo de acerola em diferentes concentrações por 2 minutos, drenados e em seguida embalados. Durante 12 dias de armazenamento em refrigeração ($3\pm 1^{\circ}\text{C}$), parâmetros importantes de qualidade da carne foram avaliados: pH, cor objetiva (parâmetros L^* , a^* e b^*), oxidação lipídica, perda de peso por cocção, força de cisalhamento e perfil de textura. Os resultados de TBARS nos filés mostraram diferença significativa entre tratamentos e também interação entre tratamento e tempo de armazenamento ($p < 0,01$). A embalagem a vácuo demonstrou forte inibição da oxidação lipídica, principalmente quando associada ao extrato de acerola. A concentração de extrato de 3% mostrou resultados melhores ($p < 0,01$) que as demais concentrações de extrato na inibição da oxidação lipídica. O pH das amostras embaladas a vácuo manteve-se constante ($p > 0,05$) (6,07 a 6,31) enquanto que nos filés embalados em presença de ar houve um aumento do pH chegando a 7,18 ao longo do armazenamento. Os filés embalados a vácuo, em comparação aos embalados aerobicamente, mostraram maior intensidade ($p < 0,01$) de coloração vermelha (valor de a^*) a partir do 4º dia de armazenamento e inibiu o escurecimento (queda de L^*) nas amostras. O extrato de resíduo de acerola não alterou a textura ($p > 0,05$) das amostras, no entanto amostras em embalagem aeróbica obtiveram melhores resultados para Força de cisalhamento, Dureza e Perda de peso por cocção que as amostras embaladas a vácuo. As amostras embaladas a vácuo mostraram maiores valores de dureza, maiores valores de força de cisalhamento no 8º dia e as maiores perdas de peso por cocção também no 8º dia. Portanto o uso da embalagem a vácuo é eficaz na preservação de cor (L^* e a^*), proteção contra a oxidação lipídica, manutenção do pH, porém nas condições do presente estudo a embalagem a vácuo mostra menor vantagem em relação à embalagem aeróbica nos parâmetros de maciez (força de cisalhamento e dureza) e perda de peso por cocção. O extrato de resíduo de acerola apresenta ação sinérgica com a embalagem a vácuo conferindo maior proteção contra a oxidação.

Palavras-chave: carne de aves, subprodutos, antioxidante natural, oxidação lipídica, TBARS.

ABSTRACT

The aim of this study was assessing quality parameters of vacuum packaged or aerobic packaged chicken tenderloins (*Pectoralis minor*), with different concentrations (0, 1, 3 and 5%) of acerola (*Malpighia emarginata* D.C.) waste extract. The fillets were immersed in an acerola waste extract solution at different concentrations for 2 minutes, then drained and packed. During 12 days in refrigeration storage ($3\pm 1^{\circ}\text{C}$), important parameters of meat quality were evaluated: pH, objective color (parameters L^* , a^* and b^*), lipid oxidation, cooking loss, shear force and texture profile. The results of TBARS in chicken tenderloin, showed significant differences among all treatments and also on the interaction treatment x storage time ($p < 0.01$). The vacuum packaging demonstrated strong inhibition of lipid oxidation, especially when associated with acerola waste extract. The 3% acerola waste extract solution showed better results ($p < 0.01$) than the concentrations 1% and 5% for inhibition of lipid oxidation. The pH of vacuum packed samples remained constant (6,07 to 6,31), while in the aerobic packed samples the pH increased reaching 7,18 throughout the storage period. Vacuum packaged samples, compared to aerobic packaged ones, showed greater ($p < 0,01$) red color intensity (a^* value) from the 4th day of storage period and prevented the blackening (L^* value drop) in the samples. The acerola waste extract did not alter the texture ($p > 0.05$) of the samples, however aerobically packed samples got better results for shear strength, hardness and cooking loss than the vacuum packed samples. Vacuum packed samples showed higher hardness values, higher shear force values on the 8th day and the highest cooking loss on the 8th day. Thus the use of vacuum packaging is effective in preserving the color L^* and a^* values, protection against lipid oxidation, pH maintenance, but in the present study conditions vacuum packaging shows less advantage than the aerobic packaging when related to tenderness parameters (shear force and hardness) and cook loss. The acerola waste extract showed synergistic action with the vacuum packaging providing greater protection against oxidation.

Key words: poultry, by-products, natural antioxidant, lipid oxidation, TBARS.

1. INTRODUÇÃO

A carne de frango é uma das carnes mais populares no mundo e seu consumo tem aumentado em vários países (CHOULIARA et al., 2007), sendo o tipo de carne mais consumido no Brasil (ABPA, 2014) e em todo o continente americano, com consumo de 35,9 kg per capita/ano em 2009 (FAOSTAT, 2014). Dentre as razões pela sua popularidade está o custo mais baixo quando comparado com às outras carnes e baixo teor de lipídeos (CHOULIARA et al., 2007).

A carne de aves tem predisposição maior à oxidação lipídica por apresentar um alto grau de insaturação dos ácidos graxos que a carne de outras espécies animais (MIN et al., 2008, BRENESSELOVÁ et al., 2015). O ranço oxidativo é um dos principais fatores limitantes da qualidade e aceitabilidade de produtos de aves, afetando a qualidade sensorial relacionada com o sabor e odor (ARGYRI; PANAGOU; NYCHAS, 2012).

A ausência de gás oxigênio nas embalagens pode minimizar as reações oxidativas deteriorantes, e reduzir o crescimento de bactérias aeróbias, que correspondem a maioria dos organismos deteriorantes. A embalagem anaeróbica também previne a descoloração e o encolhimento por perda de água (ZHOU; XU; LIU, 2010). A carne de aves embalada a vácuo não desenvolve a cor púrpura escura característica de carnes vermelhas embaladas a vácuo. Pela apresentação da cor escura, carnes vermelhas embaladas a vácuo não apresentam um boa aceitação pelos consumidores (SANTOS et al., 2015).

A oxidação lipídica das carnes pode ser reduzida com o uso de antioxidantes, que retardam o início da oxidação por reação com radicais livres e íons metálicos (DEVATKAL; NAVEENA, 2010).

Na tentativa de evitar reações oxidativas a indústria de carnes tem utilizado antioxidantes sintéticos. Embora existam muitos compostos que têm sido propostos como antioxidantes para inibir a deterioração oxidativa, apenas alguns podem ser utilizados nos alimentos (KARRE; LOPEZ; GETTY, 2013).

Estudos têm focado na identificação de novos antioxidantes provenientes de fontes naturais, a fim de oferecer uma alternativa ao uso de antioxidantes sintéticos, já que estes podem apresentar toxicidade e também pela demanda do consumidor por produtos naturais (DEVATKAL; THORAT; MANJUNATHA, 2014, PAZ et al., 2015).

As frutas e demais vegetais por serem ricos em compostos fenólicos apresentam propriedade de quelar metais, inativando cadeias de radicais livres e prevenindo a conversão de hidroperóxidos em radicais reativos (OLIVEIRA et al., 2009).

No processamento agroindustrial de frutas grandes quantidades de subprodutos são geradas, e, na maioria das vezes, descartadas, tornando-se contaminantes ambientais (SILVA, 2014). Além disso, o descarte tem um alto custo para o fabricante. O uso de resíduos como uma fonte de compostos fenólicos pode ter um importante benefício econômico aos processadores de alimentos (KABIR et al., 2015).

Portanto o objetivo do presente estudo foi avaliar os efeitos do uso de embalagem a vácuo e da adição de extrato de resíduo de acerola em filezinhos de peito de frango (*Pectoralis minor*), armazenados sob refrigeração por 12 dias.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Obtenção do extrato de resíduo de acerola

Para a obtenção dos extratos, foram obtidos resíduos, consistindo de pele e caroços, de acerola (*Malpighia emarginata* D.C.) provenientes de uma indústria processadora de polpa de frutas. Esses resíduos foram desidratados em estufa com circulação de ar, à temperatura de 50°C, até umidade igual ou inferior a 10%. A seguir o resíduo foi moído em moinho de facas (modelo TE 631-2, Tecnal, Brasil) e peneirado, obtendo-se uma farinha de granulometria uniforme (*mesh* 16).

Para a obtenção do extrato de resíduo de acerola, 100 mL de etanol a 60% foram adicionados à uma alíquota de 10 g da farinha de resíduo e mantidos sob agitação de 400 rpm (agitador mecânico modelo TE-039/1, Tecnal) com aquecimento a 50°C por 30 minutos. Em seguida procedeu-se a centrifugação (centrífuga modelo CT-6000R, CIENTEC) à 4000 rpm por 10 minutos e concentração do sobrenadante por evaporação em evaporador rotativo a vácuo (modelo Laborota 4000, Heidolph, Alemanha) em banho à 40°C, até o volume de 25 mL. O extrato foi armazenado em frascos âmbar, sob temperatura de congelamento ($-21 \pm 1^\circ\text{C}$), até o momento da realização das análises.

2.2 Obtenção e preparo das amostras de filé de frango

Os filés de frango utilizados neste trabalho foram adquiridos no comércio, provenientes de um mesmo abatedouro inspecionado pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, aproximadamente 24 horas após o abate das aves. As amostras correspondentes a 20 kg de filés de peito de frango ("Filezinho") *Pectoralis minor* resfriados, embalados em bandejas de 700 gramas, foram colocadas em caixa isotérmica contendo gelo ($2 \pm 2,0^\circ\text{C}$), sendo imediatamente transportadas até o laboratório.

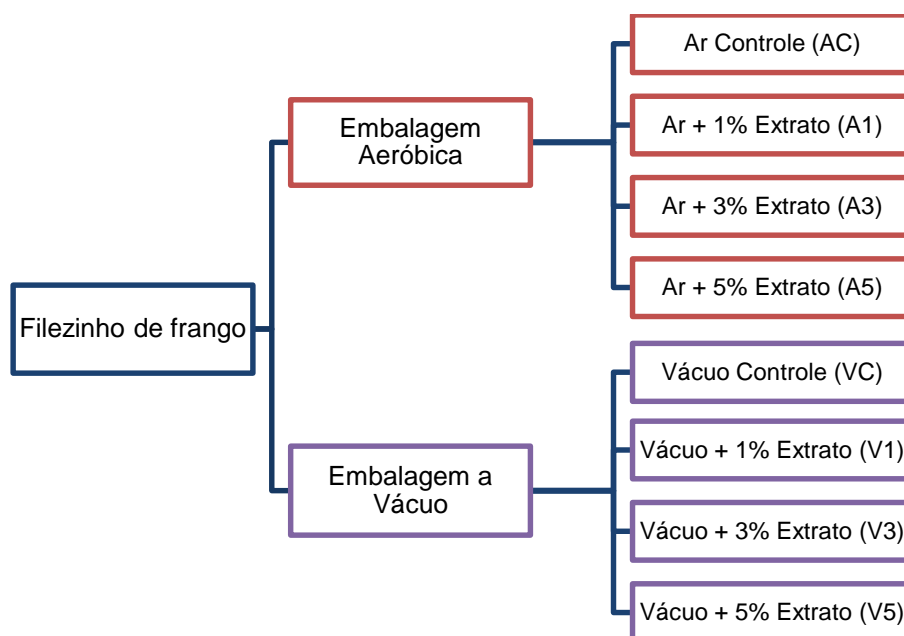
Os filezinhos de peito de frango com peso médio de $45 \pm 5,0$ g foram imersos por 2 minutos em solução aquosa em 3 concentrações diferentes (1%, 3% e 5%) de extrato de resíduo de acerola, à temperatura ambiente ($22 \pm 2,0^\circ\text{C}$), na proporção de 200 mL de solução para cada 100 g de amostra de filezinho, conforme metodologia aplicada por Vaithyanathan et al. (2011).

Em seguida, os filés foram colocados sobre uma peneira por 10 minutos para retirada do excesso da solução. Decorrido esse tempo, foram embalados em sacos de polietileno de 20 cm x 28 cm (constituindo a embalagem aeróbica) ou em sacos de 18 cm x 20 cm para embalagem à vácuo, constituídos de poliamida (*nylon*) e polietileno, com 0,14 mm de espessura. As amostras foram levadas à seladora a vácuo (modelo 200 B, Selovac, Brasil) e em seguida seladas

hermeticamente. Após a embalagem, os filezinhos foram armazenados em câmara incubadora refrigerada tipo B.O.D (modelo TE-391, Tecnal, Brasil) sob temperatura de refrigeração ($3 \pm 1^\circ\text{C}$). As amostras de filezinho foram retiradas a cada dois dias e analisadas.

Para a realização do trabalho, as amostras de filezinhos de peito de frango foram divididas em oito grupos, cada um correspondendo a um tratamento, como mostra a Figura 3.

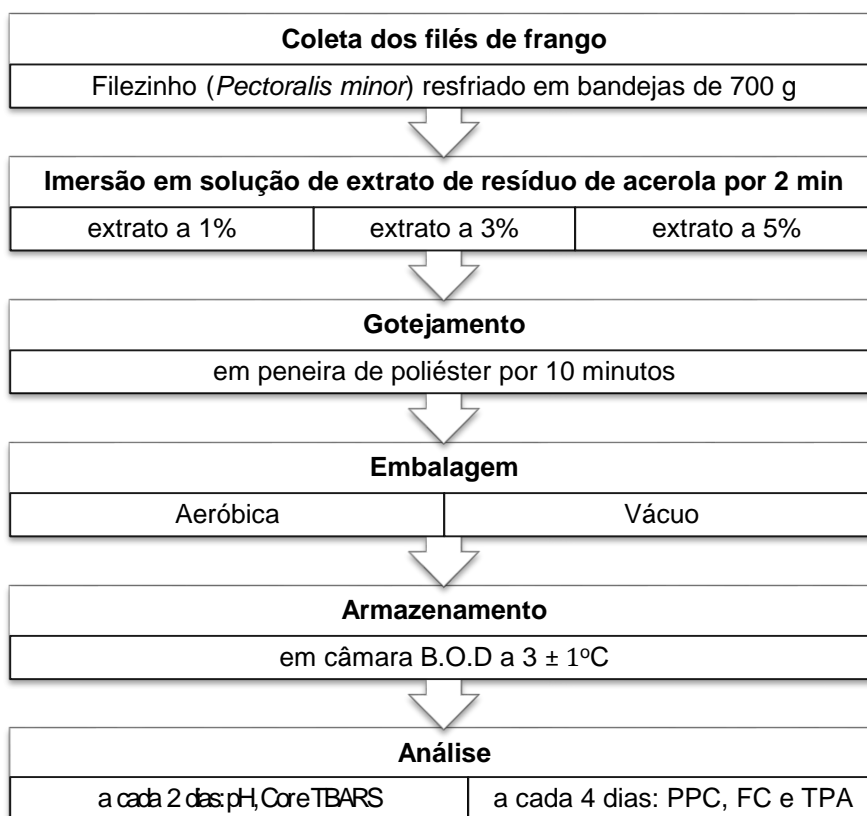
Figura 3 - Diagrama representando os tratamentos utilizados no experimento



As análises de pH, Cor e TBARS (Substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico) foram realizadas a cada 2 dias, totalizando 7 pontos, correspondentes aos tempos de armazenamento (0, 2, 4, 6, 8, 10 e 12 dias). Enquanto Perda de peso por cocção (PPC), Análise de perfil de textura (TPA) e Força de cisalhamento (FC) foram realizados a cada 4 dias, nos tempos 0, 4, 8 e 12 dias. Na Figura 4 está apresentado o fluxograma do processo de preparação das amostras. Para caracterização da matéria-prima utilizada nos experimentos,

análises de composição química (teor de lipídeos, proteína bruta, cinzas e umidade) foram realizadas apenas no dia da obtenção dos filezinhos de frango. As amostras em embalagem aeróbica não foram analisadas no 12º dia por se apresentarem deterioradas, com aparência e odor desagradáveis.

Figura 4 - Fluxograma do preparo das amostras de filezinho para o experimento



TBARS: Substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico, PPC: Perda de peso por cocção, FC: Força de cisalhamento e TPA: Análise de perfil de textura

2.3 Determinação de compostos fenólicos totais

A concentração de compostos fenólicos totais no extrato foi determinada por espectrofotometria, segundo metodologia descrita por Wettasinge e Shahidi (1999) e curva padrão de ácido gálico. Foram adicionados em tubos de tampa de rosca 8,0 mL de água destilada, 0,5 mL do extrato de resíduo de acerola e 0,5 mL do reagente Folin-Ciocalteu (Merck). Após o intervalo de 3 minutos foi adicionado 1 mL de solução saturada de carbonato de cálcio (Ca_2CO_3) e agitado. Os tubos foram mantidos em repouso ao abrigo de luz durante 60 minutos e em seguida foi medida a absorbância a 765 nm em espectrofotômetro (modelo UV-1650PC, Shimadzu, Japão). Os resultados do teor dos compostos fenólicos foram expressos em equivalentes de ácido gálico ($\text{mg EAG}\cdot 100\text{g}^{-1}$).

2.4 Capacidade antioxidante do extrato

A capacidade antioxidante do extrato de sequestrar o radical 1,1-difenil-2-picrilhidrazina (DPPH) foi determinada seguindo a metodologia descrita por Brand-Williams, Cuvelier e Berset (1995), modificado por Sánchez-Moreno, Larrauri e Saura-Calixto (1998). O teste baseia-se na redução do radical livre DPPH na presença de um antioxidante doador de hidrogênio, incluindo compostos fenólicos. Para realização do teste, em um tubo de ensaio com tampa de rosca foi colocada uma alíquota de 0,1 mL da solução do extrato de resíduo de acerola e misturada à 4,9 mL da solução metanólica de DPPH (Sigma-Aldrich) 0,1 mM. O tubo foi agitado vigorosamente, e mantido em repouso em temperatura ambiente ($22 \pm 2,0^\circ\text{C}$) por 60 minutos ao abrigo da luz. Para leitura da amostra-branco foi utilizado 4,9 ml de solução metanólica de DPPH e 0,1 ml de metanol. O decréscimo da absorbância de cada solução foi medido em espectrofotômetro (modelo UV-1650PC, Shimadzu, Japão) a 517 nm, nos tempos 1', 2', 5', 10' e 15', momento em que a absorção atingiu o platô.

A atividade antioxidante total pelo sequestro do DPPH foi calculada pela equação:

$$\text{Inibição do DPPH (\%)} = \frac{(\text{Absorbância branco} - \text{Absorbância amostra})}{\text{Absorbância branco}} \times 100$$

2.5 Composição química

A composição química da carne de frango foi determinada seguindo a metodologia descrita pela AOAC (2005), exceto pela determinação de teor de umidade. As determinações de teor de umidade, proteína, lipídeos e cinzas foram realizadas apenas na amostra controle no tempo inicial (zero). As amostras, em triplicata, cada uma constituída de 1 filezinho inteiro ($45 \pm 5,0\text{g}$) foram trituradas em um miniprocessador de alimentos de uso doméstico (modelo MP-01, Mondial) por 1 minuto.

A umidade foi determinada por balança determinadora de umidade por infravermelho (modelo ID50, Marconi, Brasil) a 105°C , por 55 minutos, período de tempo necessário para alcançar umidade constante da amostra no aparelho. O teor de proteína foi quantificado mediante a determinação do nitrogênio total, pelo método de micro-Kjeldahl, onde foram utilizados Bloco digestor (modelo TE-040/25) e de Nitrogênio (modelo TE-0363) (ambos da marca Tecnal, Brasil). O fator de 6,25 foi utilizado para conversão do valor de nitrogênio em proteína. O teor de cinzas foi determinado por incineração da matéria orgânica em forno mufla (modelo EDGCON 1P 7000, EDG, Brasil) a 550°C . Primeiramente as amostras foram carbonizadas dentro dos cadinhos em chapa de aquecimento (modelo TE-0853, Tecnal, Brasil) e em seguida levados ao forno mufla onde permaneceram até que os resíduos se tornassem brancos. O teor de lipídeos totais foi determinado utilizando método de Soxhlet, com éter de petróleo como solvente. Os resultados foram calculados em base úmida e expressos em $\text{g}\cdot 100\text{g}^{-1}$.

2.6 Determinação da oxidação lipídica (TBARS)

A estabilidade oxidativa da carne de frango foi determinada obtendo-se o teor de substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS), pela metodologia de Vyncke (1970), com modificações de acordo com Sørensen e Jørgensen (1995).

Para determinação da oxidação lipídica cada filezinho foi moído aproximadamente 20 minutos antes da análise de cada dia de armazenamento. Foram pesados 5g de cada amostra em triplicata, colocada em um béquer, adicionadas a 25 mL de solução a 7,5% de ácido tricloroacético (TCA) (Sigma Aldrich/Vetec) e homogeneizadas em agitador mecânico (modelo TE-039/1, Tecnal) por 5 minutos, em seguida levada à centrífuga (modelo CT 6000 R, CIENTEC, Brasil) a 4000 rpm por 5 minutos e o sobrenadante filtrado em papel de filtro qualitativo (Whatman nº 1).

Em seguida, transferiu-se 5 mL do filtrado de cada amostra para tubos de ensaio com tampa de rosca, em duplicata. Nesses tubos foram adicionados 5 mL de ácido 2-tiobarbitúrico (TBA) 0,020 M (Merck) e homogenizado em agitador de tubos tipo vórtex (modelo Certomat MV, B.Braun Biotech, Alemanha). Foram feitas amostras em branco com 5 mL TCA 7,5% e 5 mL de TBA (0,020 M).

Os tubos foram colocados em banho-maria a 100°C por 40 minutos para ocorrer a reação do ácido tiobarbitúrico com o malonaldeído, formando um composto de cor avermelhada. Após esse tempo os tubos foram resfriados em água corrente até alcançar a temperatura ambiente ($22 \pm 2,0^\circ\text{C}$), em seguida as amostras foram conduzidas para a leitura de absorbância feita em comprimento de onda de 532 nm em espectrofotômetro (modelo UV-1650PC, Shimadzu, Japão), utilizando-se como base uma curva padrão com solução de 1,1,3,3 tetrametoxipropano (TMP) (Sigma-Aldrich). Os resultados da determinação da oxidação lipídica foram expressos em valor de TBARS, definido como mg de malonaldeído (MDA)/kg de amostra úmida.

2.7 Determinação do pH

Para a determinação do pH foi utilizado medidor de pH de bancada (modelo TEC-5, Tecnal, Brasil) equipado com eletrodo de pH, previamente calibrado com soluções tampão pH 7,0 e 4,0. Foram retiradas alíquotas de 10,0 g de cada amostra de filezinho de frango em triplicatas, em temperatura aproximada de $20 \pm 2,0^{\circ}\text{C}$, foram homogeneizadas em 50 mL de água destilada por 30 segundos com bastão de vidro. A leitura foi feita em temperatura ambiente ($22 \pm 2,0^{\circ}\text{C}$).

2.8 Parâmetros de Cor

A cor da superfície dos filés crus foi medida utilizando colorímetro portátil (modelo CR400, Konica Minolta Sensing, Japão), no sistema CIELab, onde foram avaliados os parâmetros L^* (luminosidade), a^* (teor de vermelho) e b^* (teor de amarelo). Para calibração do colorímetro foi utilizada uma placa cerâmica branca, própria do aparelho, com as especificações de $Y=92.78$, $x=0.3139$, $y=0.3200$. Foi usado o iluminante C, ângulo de observação 2° e abertura de 8 mm. A fonte de iluminação do ambiente estava à 45° do ponto de medição das amostras.

As análises de cor foram realizadas após a retirada da refrigeração (em incubadora B.O.D), aguardando o período de 30 minutos em temperatura ambiente ($22 \pm 2,0^{\circ}\text{C}$) e ar atmosférico para oxigenação superficial da mioglobina, de acordo com o proposto por Van Laack et al. (2000). Os filezinhos de frango crus foram medidos em todos os tempos de armazenamento (0, 2, 4, 6, 8, 10 e 12 dias), em três diferentes pontos de cada amostra, em duplicata, totalizando seis pontos de medida, sendo o resultado a média das leituras.

2.9 Perda de peso por cocção

O rendimento dos filezinhos de peito de frango foi medido através da perda de peso por cocção, segundo metodologia descrita por AMSA (2015), com modificação da temperatura final, de 71°C (AMSA) para 80°C, segundo Lyon B.G. e Lyon C.E. (1996). As amostras de filezinho, antes de serem submetidas ao cozimento, foram mantidas em temperatura ambiente até atingirem temperatura interna (centro geométrico) de 10°C e pesadas. Em seguida foram grelhadas em frigideira antiaderente, sem óleo ou água, por aproximadamente 4 minutos de cada lado, até atingirem temperatura interna de 80°C, aferida com termômetro digital tipo espeto (Incoterm, Brasil) no centro geométrico dos filés, totalizando entre 7 e 8 minutos o tempo total de cozimento. Os filés foram colocados sobre papel absorvente, deixados em temperatura ambiente por aproximadamente uma hora, até atingirem temperatura interna de $27 \pm 2,0^\circ\text{C}$ e em seguida pesados. A perda de peso por cocção, em porcentagem, foi determinada usando a seguinte equação:

$$\text{Perda de Peso (\%)} = \frac{\text{Peso inicial (g)} - \text{Peso final (g)}}{\text{Peso inicial (g)}} \times 100$$

2.10 Análise de perfil de textura (TPA)

As amostras utilizadas para análise de perfil de textura foram as mesmas da análise de perda de peso por cocção. A análise foi realizada em texturômetro (modelo CT3 10K, Brookfield Engineering, EUA) equipado com a *probe* TA5 (cilindro de 12,7 mm de diâmetro e 35 mm de altura, com velocidade de teste de 1,0 mm/s, sensibilidade (*trigger force*) de 5 g. Um teste de compressão dupla foi realizado onde as amostras foram comprimidas até 50% da altura original por um cilindro de 35 mm de altura e 12,7 mm de diâmetro que apresentavam 15 mm em

média. Foram tomadas medidas de dois pontos de cada filé, em duplicata, totalizando 4 pontos por tratamento em cada tempo de armazenamento, sendo os resultados obtidos apresentados em médias desses 4 pontos.

Os seguintes parâmetros foram quantificados (BOURNE, 2002): A dureza (*hardness*), sendo a força máxima necessária para comprimir a amostra em 50% da sua altura original (pico de força no primeiro ciclo de compressão) expressa em quilogramas, coesividade (*cohesiveness*) extensão (de 0 a 1,0) à que a amostra pode ser deformada antes de se romper e elasticidade (*springiness*) sendo a habilidade da amostra em recuperar a forma original depois de comprimida, dada em milímetros.

2.11 Força de cisalhamento

Para avaliar a Força de cisalhamento foi utilizado texturômetro (modelo CT3 10K, Brookfield Engineering, EUA) equipado com o dispositivo de lâmina em V (abertura de 60°) *Warner-Bratzler*. A velocidade de descida e corte do dispositivo foi de 200 mm/min (aproximadamente 3,3 mm/s) conforme AMSA (2015), sensibilidade de 25 g (~0,250 N) conforme Cortez-Vega, Pizato e Prentice (2012). Foram utilizadas as mesmas amostras da análise de perda de peso por cocção e da análise de perfil de textura, tomando-se o cuidado de não utilizar os mesmos pontos nos quais foram realizadas as compressões na TPA.

Após análise de TPA, os filés foram embrulhados em papel laminado de alumínio e em saco plástico de baixa permeabilidade ao vapor d'água e gases e mantido sob temperatura de refrigeração de 3°C *overnight*. Foram retiradas três partes de cada filé, em duplicata, totalizando 6 pontos por tratamento por dia de armazenamento analisado (0, 4, 8 e 12). As partes retiradas foram cortadas na forma de cubos de 1 cm³, assim como utilizado por Cortez-Vega, Pizato e Prentice (2012) descartando a camada superficial (mais rígida pelo contato com a frigideira). As amostras foram posicionadas com as fibras orientadas no sentido

transversal ao corte da lâmina. A força máxima necessária para a lâmina romper as fibras musculares das amostras foi expressa em quilogramas (kg).

2.12. Análise estatística

Os dados obtidos foram submetidos à análise estatística de variância (ANOVA) e teste de Duncan no nível de significância de 5% ($p < 0,05$) usando o *software* Statistica 7.0 (Statsoft Inc., EUA). As análises das variáveis foram realizadas seguindo um modelo de delineamento completamente casualizado.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Determinação de compostos fenólicos totais e Capacidade antioxidante do extrato

O extrato de resíduo de acerola obtido apresentou o teor de fenólicos totais médio de 2256 mg EAG.100g⁻¹. Resultados de outros trabalhos mostram que a concentração de compostos fenólicos do resíduo de acerola varia bastante, sendo de 173,3 mg EAG.100g⁻¹ no estudo de Sancho et al. (2015), 681 mg EAG.100g⁻¹ no de Oliveira et al. (2009), 2692 a 3171 mg EAG.100g⁻¹ no de Nóbrega et al. (2015) e por fim, apresentando os maiores teores na pesquisa de Silva et al. (2014) 7265 mg EAG.100g⁻¹.

A concentração de compostos fenólicos depende de vários fatores como a cultivar, a fase de maturação da fruta, as condições de armazenamento, manuseio pré-colheita e a sua localização entre os diferentes tecidos da mesma fruta (AYALA-ZAVALA et al., 2010). Autores encontraram diferenças na concentração de compostos fenólicos em acerolas de diferentes cultivares, colhidas em diferentes estações (LIMA et al., 2005) em diferentes estágios de maturação e cultivadas em diferentes regiões (DELVA; GOODRIC-SCHNEIDER,

2013). Ainda, quais partes da fruta foram utilizadas como resíduo (OLIVEIRA et al., 2009), diferenças no método de secagem (NÓBREGA et al., 2015), no método de extração e o solvente utilizado (SILVA et al., 2014, SANCHO et al., 2015) influenciam os resultados obtidos.

A partir dessa concentração média de compostos fenólicos do extrato de resíduo de acerola foi possível estimar os valores de compostos fenólicos nas soluções em que foram imersos os filezinhos, sendo que a solução de extrato a 1% tem 22,56 mg EAG.100g⁻¹, a 3% tem 67,68 mg EAG.100g⁻¹ e a solução de extrato a 5% tem 112,8 mg EAG.100g⁻¹.

Foi verificado que o extrato de resíduo de acerola possui uma grande capacidade em sequestrar radicais livres. A capacidade antioxidante do extrato de resíduo de acerola, dada em capacidade de sequestro do radical DPPH foi de 92%, confirmando a viabilidade do extrato de resíduo de acerola como uma boa fonte de antioxidante natural. O extrato de resíduo de romã no trabalho desenvolvido por Naveena et al. (2008), apresentou inibição de 85% do radical DPPH. Oliveira et al. (2009) encontraram o percentual em torno de 81% em resíduo de acerola.

3.2 Composição química

Os resultados encontrados para a composição química do filezinho de peito de frango utilizado como matéria-prima dos experimentos neste estudo são de 75,29 g.100g⁻¹ de umidade; 21,46 g.100g⁻¹ de proteína bruta; 1,14 g.100g⁻¹ de cinzas e 0,92 g.100g⁻¹ de lipídeos.

Os valores médios do teor de umidade (75,29 g.100g⁻¹), cinzas (1,14 g.100g⁻¹) e proteínas (21,46 g.100g⁻¹) estão de acordo com Cortez-Vega, Pizato e Prentice (2012), que encontraram para o peito de frango valores para umidade de 75,82 g.100 g⁻¹, cinzas 1,10 g.100g⁻¹ e proteínas 20,65. De acordo com esses

dados verifica-se que o filezinho de peito utilizado como matéria-prima está dentro dos valores estimados pela literatura para umidade, cinzas e proteínas.

Já em relação ao teor de lipídeos ($0,92 \text{ g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$), o valor médio encontrado no filezinho de frango foi menor que o obtido por Cortez-Vega, Pizato e Prentice (2012), de $2,80 \text{ g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ em peito de frango sem pele. Essa discrepância no teor de lipídeos já era esperada, sabendo que o filezinho de peito é um corte com menor conteúdo de gorduras totais em relação ao peito de frango. Os valores dados por 4 indústrias brasileiras processadoras de carne de frango, mostram que o conteúdo de gorduras totais do filezinho varia entre $0,75$ a $0,97 \text{ g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ de carne, corroborando o valor encontrado neste trabalho. Foi verificada uma escassez de dados na literatura científica sobre a composição química do filezinho de peito de frango.

3.3 Determinação da oxidação lipídica (TBARS)

Os resultados de TBARS das amostras de filezinho de frango em embalagem a vácuo e em embalagem aeróbica, armazenadas a 3°C por até 12 dias, estão demonstrados na Tabela 1. O tempo de armazenamento, concentração de extrato, assim como o tipo de embalagem utilizada tiveram influência significativa ($p < 0,01$) no desenvolvimento da oxidação lipídica da carne de frango.

Tabela 1 - Valores médios (\pm desvio padrão) de TBARS do filezinho de frango em diferentes tratamentos e diferentes dias de armazenamento. Dados expressos em mg de malonaldeído.kg⁻¹ de amostra úmida

| Trat | Tempo de armazenamento (dias) | | | | | | |
|-----------|-------------------------------|--------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|
| | 0 | 2 | 4 | 6 | 8 | 10 | 12 |
| AC | 0 ^E | 0,015 ^{aE} \pm 0,07 | 0,133 ^{aD} \pm 0,021 | 0,242 ^{aC} \pm 0,007 | 0,301 ^{aB} \pm 0,007 | 0,750 ^{aA} \pm 0,028 | - |
| A1 | 0 ^D | 0 ^{bD} | 0 ^{bD} | 0,099 ^{bC} \pm 0,028 | 0,237 ^{bB} \pm 0,028 | 0,370 ^{bA} \pm 0,049 | - |
| A3 | 0 ^D | 0 ^{bD} | 0 ^{bD} | 0,035 ^{dC} \pm 0,007 | 0,143 ^{cB} \pm 0,035 | 0,183 ^{dA} \pm 0,007 | - |
| A5 | 0 ^D | 0 ^{bD} | 0 ^{bD} | 0,059 ^{cC} \pm 0,014 | 0,183 ^{cB} \pm 0,007 | 0,232 ^{cA} \pm 0,021 | - |
| VC | 0 ^E | 0 ^{bE} | 0 ^{bE} | 0,025 ^{dD} \pm 0,021 | 0,099 ^{dB} \pm 0,014 | 0,119 ^{eA} \pm 0,014 | 0,045 ^{aC} \pm 0,021 |
| V1 | 0 ^B | 0 ^{bB} | 0 ^{bB} | 0 ^{eB} | 0,020 ^{eA} \pm 0,014 | 0,025 ^{gA} \pm 0,007 | 0 ^{bB} |
| V3 | 0 ^A | 0 ^{bA} | 0 ^{bA} | 0 ^{eA} | 0 ^{eA} | 0 ^{gA} | 0 ^{bA} |
| V5 | 0 ^B | 0 ^{bB} | 0 ^{bB} | 0 ^{eB} | 0 ^{eB} | 0,064 ^{fA} \pm 0,007 | 0 ^{bB} |

As médias seguidas pela mesma letra minúscula numa mesma coluna e letra maiúscula numa mesma linha não diferem estatisticamente entre si ao nível de 1% pelo teste de Duncan. Trat: tratamento, AC: embalagem aeróbica, sem extrato, A1: embalagem aeróbica em extrato 1%, A3: embalagem aeróbica em extrato 3%, A5: embalagem aeróbica em extrato 5%, VC: embalagem a vácuo, sem extrato, V1: embalagem a vácuo em extrato 1%, V3: embalagem a vácuo em extrato 3%, V5: embalagem a vácuo em extrato 5%. - : Amostras em embalagem aeróbica não foram analisadas no 12º dia por se apresentarem deterioradas.

O valor máximo de TBARS encontrado nesse estudo foi 0,750 mg MDA.kg⁻¹, assim, nenhuma amostra alcançou a concentração de 2,3 mg MDA.kg⁻¹, dada como o valor em que o consumidor detecta a rancidez da carne (CAMPO et al., 2006). Baixos valores de TBARS são desejáveis, principalmente em carne de frango (ÁVILA-RAMOS et al., 2013). O tipo de embalagem teve influência significativa nos valores de TBARS. A utilização de embalagem a vácuo comparada com a embalagem aeróbica conferiu menores valores ($p < 0,01$) de TBARS em todas as amostras analisadas. Além disso nas amostras embaladas a vácuo, os valores de TBARS apresentados ficaram muito próximos à zero. Xiao et al. (2011) encontraram valores bem mais baixos de TBARS em coxa de frango moída aos 7 dias de armazenamento, sendo 0,350 mg MDA.kg⁻¹ em embalagem a vácuo e 2,960 mg MDA.kg⁻¹ embalagem aeróbica. Conchillo, Ansorena e Astiasarán (2005) encontraram valores de 0,010 mg MDA.kg⁻¹ e 0,030 mg MDA.kg⁻¹ em peito de frango embalado a vácuo e embalado aerobicamente respectivamente após 3 meses de armazenamento a -18°C. Conclui-se que a ausência de oxigênio na embalagem teve um forte efeito protetor no filezinho de frango contra a oxidação lipídica.

As concentrações de extrato também tiveram influência na oxidação lipídica dos filezinhos de frango. As amostras que foram adicionadas de extrato de resíduo de acerola (em embalagem aeróbica A1, A3 E A5 e embaladas a vácuo V1, V3 e V5) apresentaram menores valores de TBARS em relação às amostras controle do mesmo tipo de embalagem (AC e VC), o que demonstra a ação antioxidante desse extrato em carne de frango. Esses resultados eram esperados, de acordo com a alta capacidade de sequestro (92%) e o alto teor de compostos fenólicos (2526 mg EAG. 100g⁻¹) do extrato de resíduo de acerola utilizado neste trabalho. Além disso, nos dois tipos de embalagem (vácuo e aeróbica) os menores valores encontrados foram com extrato a 3%. Realini et al. (2015) obtiveram valores menores de TBARS em carne bovina com a adição de extrato de acerola, quando comparados às amostras sem adição do extrato. Bazargani-Gilani, Aliakbarlu e Tajik (2015) encontraram valores de 0,070 mg MDA.kg⁻¹ em peito de frango imerso em suco de romã e 0,160 mg MDA.kg⁻¹ nas amostras controle no 10º dia de refrigeração.

Foi verificado que o extrato de resíduo de acerola apresentou um efeito menos significativo do que o uso da embalagem a vácuo na inibição ou retardo de desenvolvimento de oxidação lipídica. Sendo a mesma observação feita em estudo de Packer et al. (2015), onde o uso da embalagem a vácuo foi mais importante na inibição da oxidação lipídica na carne de frango do que os extratos de resíduos de goiaba e beterraba.

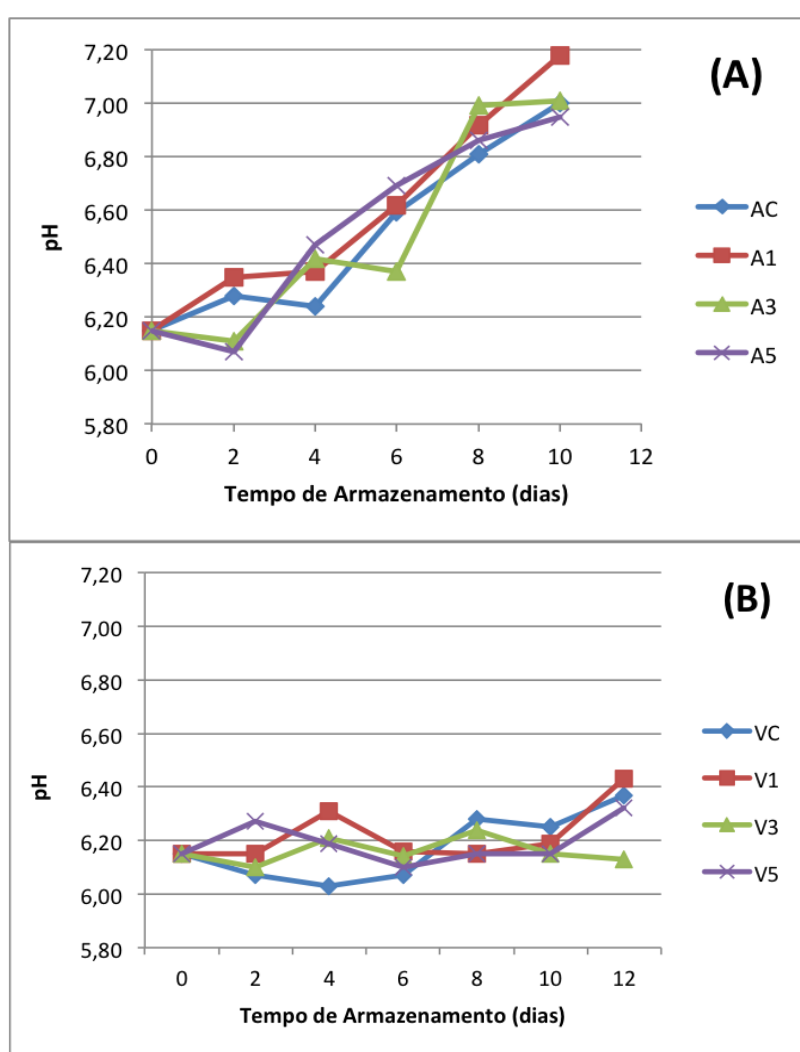
Conforme esperado, houve um aumento gradativo ($p < 0,01$) de TBARS ao longo dos dias de armazenamento (de 0 a 12), em todos os tratamentos, exceto para o tratamento V3 que não mostrou desenvolvimento de oxidação em nenhum momento. Amostras embaladas a vácuo e tratadas com extrato de resíduo de acerola apresentaram sempre os menores valores ($p < 0,01$) de TBARS em todos os dias, seguido por amostras embaladas a vácuo sem extrato, amostras embaladas aerobicamente com extrato e amostras embaladas aerobicamente sem extrato; sendo estas últimas as que apresentaram os maiores valores de TBARS. Devatkal, Thorat e Manjunatha (2014) obtiveram resultados semelhantes em carne caprina, onde as amostras embaladas a vácuo com extrato de resíduo de romã, tiveram em todos os tempos de armazenamento valores menores de TBARS (0,280 a 0,310 mg MDA.kg⁻¹) que as amostras embaladas aerobicamente (0,330 a 0,560 mg MDA.kg⁻¹) ou embaladas a vácuo mas sem o extrato (0,310 a 0,510 mg MDA.kg⁻¹).

No 12º dia houve uma queda nos valores de TBARS, assim como relatado por Fregonesi et al. (2014) aos 14 dias de armazenamento em carne de cordeiro embalada a vácuo. No estudo de Castro, Mariutti e Bragagnolo (2011) com carne de frango adicionada de urucum, os autores observaram queda no valor de TBARS após 60 dias de armazenamento sob congelamento. Para Racanicci et al. (2004) essa queda no conteúdo de malonaldeído ocorre quando a taxa de reação de oxidação de proteínas se torna maior que a taxa de formação de TBARS. Já Bazargani-Gilani, Aliakbarlu e Tajik (2015) atribuem essa queda à decomposição do malonaldeído durante o período mais avançado de estocagem, transformando-se em outros produtos.

3.4 Determinação do pH

Os resultados da determinação do pH dos filés de frango aditivados com antioxidantes em diferentes concentrações (1, 3 e 5%) e embalagens (vácuo e aeróbica) estão apresentados na Figura 5.

Figura 5 - Valores médios de pH do filezinho de frango em diferentes dias de armazenamento, em embalagem aeróbica (A) e em embalagem a vácuo (B)



AC: embalagem aeróbica, sem extrato, A1: embalagem aeróbica em extrato 1%, A3: embalagem aeróbica em extrato 3%, A5: embalagem aeróbica em extrato 5%, VC: embalagem a vácuo, sem extrato, V1: embalagem a vácuo em extrato 1%, V3: embalagem a vácuo em extrato 3%, V5: embalagem a vácuo em extrato 5%. Amostras em embalagem aeróbica não foram analisadas no 12º dia por se apresentarem deterioradas.

O pH inicial dos filés foi de 6,15 que está de acordo com os valores reportados por Balamatsia et al. (2007) e Petrou et al., (2012) sendo de 6,15 e 6,20 respectivamente, em carne de frango fresca. O uso do extrato de resíduo de acerola não apresentou diferença significativa na maioria dos tempos de armazenamento no pH dos filezinhos de frango. O pH das amostras embaladas a vácuo (Figura 5 (B)) permaneceu baixo, próximo de inicial, ou apresentaram uma leve queda ao longo do armazenamento. A mesma observação ocorreu em carne de frango cozida em diferentes tipos de embalagem (RODRIGUEZ et al., 2014). O pH de carnes embaladas anaerobicamente tende a se manter próximo do inicial ou até mesmo reduz ao longo do armazenamento (CHOULIARA et al., 2007, PAPAZOGLU; TSIRAKI; SAVVAIDIS, 2012). Isto ocorre possivelmente pelo CO₂ formado como produto do metabolismo de microorganismos anaeróbios que se transforma em ácido carbônico (H₂CO₃) ao solubilizar-se na parte aquosa do alimento, reduzindo o pH (PATSIAS et al., 2008). Esta manutenção do pH também pode ser devida ao crescimento predominante de bactérias lácticas, as quais acidificam o meio através da produção de ácido lático (CHOULIARA et al., 2007). Bactérias ácido lácticas são os microorganismos predominantes em carne de frango em embalagem anaeróbica (BALAMATSIA et al., 2006, PATSIAS et al., 2008). Já nas embalagens em atmosfera aeróbica o pH aumentou ao longo do armazenamento. Lavieri e Williams (2014) atribuem o aumento no pH observado nos tratamentos em embalagem aeróbica à produção de subprodutos alcalinos durante o crescimento e fase estacionária dos microrganismos.

3.5 Parâmetros de Cor

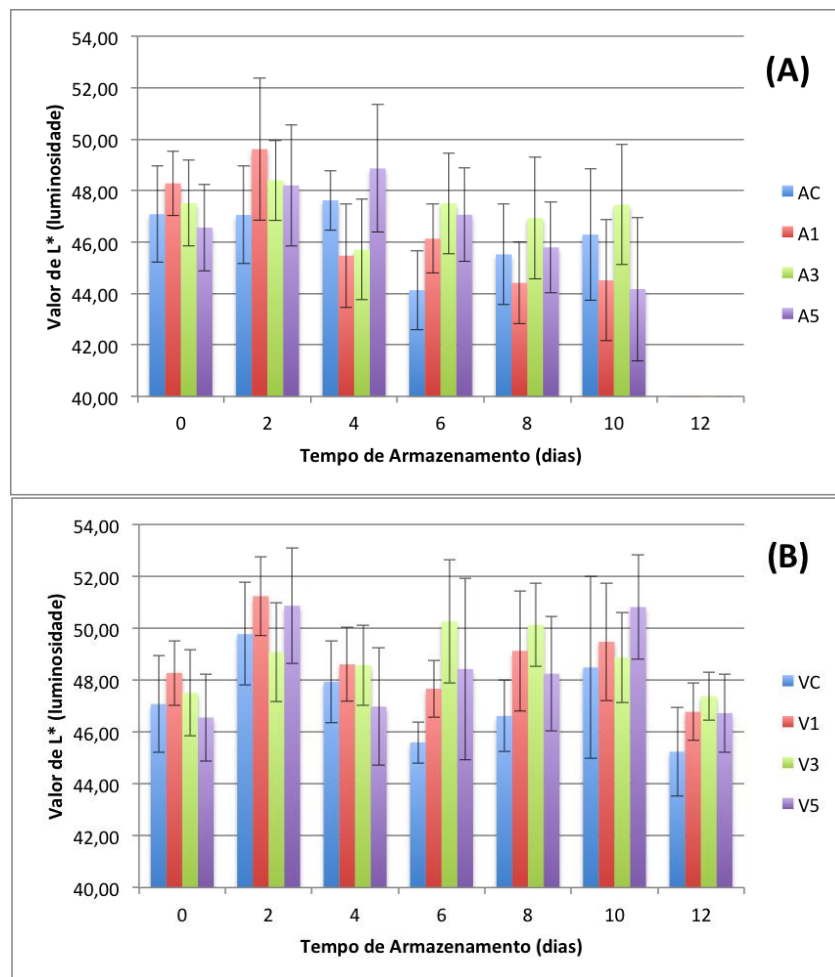
Os resultados dos parâmetros de cor para o filezinho de frango embalados a vácuo ou atmosfera normal e aditivados ou não com extrato de resíduo de acerola, estão apresentados na Figura 6 e Tabelas 2 e 3. O tempo de estocagem inicial (dia 0) foi utilizado para representar a cor do filezinho fresco exposto ao ar atmosférico, após imersão em quatro concentrações de extrato de resíduo de acerola (1%, 3%, 5% ou 0, sendo o controle) anteriormente ao processo de

embalagem a vácuo ou em atmosfera normal. Esperava-se que a tonalidade do extrato de resíduo de acerola (entre amarela e marrom, de acordo com a concentração de extrato) alterasse a coloração dos filezinhos de frango, no entanto as diferentes concentrações de extrato (1, 3 e 5%) não proporcionaram diferença significativa ($p>0,05$) no valor de L^* (Figura 6), a^* (Tabela 2) ou b^* (Tabela 3) no tempo 0 (inicial) quando comparadas com as amostras controle (AC ou VC). Esse resultado é importante já que a alteração significativa de cor poderia trazer rejeição ao filezinho tratado por extrato de resíduo de acerola.

Seguindo a classificação das cores de peito de frango de diversos autores (ALLEN et al., 1998; FLETCHER, QIAO, SMITH, 2000; QIAO et al., 2002) de acordo com o valor L^* (luminosidade), como mais clara que o normal ($L^*>53$), normal ($48<L^*<51$) e mais escura que o normal ($L^*<46$). podemos observar na Figura 6 (A) que várias médias de L^* de amostras em embalagem aeróbica (A1 e A3 dia 4; AC dia 6; AC, A1 e A5 dia 8; A1 e A5 no dia 10), em todas as concentrações de extrato, apresentaram-se mais escuras que o normal ao longo do período de armazenamento. Dentre as amostras embaladas a vácuo (Figura 6 (B)) apenas a amostra controle (VC) pode ser considerada como mais escura que o normal, nos dias 6 e 12. Esse resultado indica que a embalagem a vácuo quando associada ao extrato de resíduo de acerola agem sinergisticamente na inibição do escurecimento do filé de frango.

Observa-se que uma relação entre pH (Figura 5) e valor L^* (Figura 6), onde quanto as amostras embaladas aerobicamente foram as que apresentaram maiores valores de pH e os menores valores de L^* . Fletcher et al. (1998) verificou que o valor de pH de peito de frango era mais alto em carnes mais escuras do que em carnes mais claras. No geral, a cor da carne é percebida pelos consumidores como um indicativo do frescor desta. A concentração de extrato a 3% foi a que apresentou melhores resultados, mostrando os valores de L^* mais constantes a partir do 6º dia de estocagem, tanto na embalagem aeróbica como na embalagem a vácuo, podendo assim o uso do extrato nessa concentração contribuir para uma melhor aceitação da carne de frango ao longo do seu armazenamento.

Figura 6 - Valores médios de L* (luminosidade) dos filezinhos de frango (*Pectoralis minor*), com diferentes concentrações de extrato de resíduo de acerola em embalagem aeróbica (A) e em embalagem a vácuo (B) nos diferentes tempos de armazenamento (dias)



Barras de erro mostram o desvio padrão das médias. AC: embalagem aeróbica, sem extrato, A1: embalagem aeróbica em extrato 1%, A3: embalagem aeróbica em extrato 3%, A5: embalagem aeróbica em extrato 5%. VC: embalagem a vácuo, sem extrato, V1: embalagem a vácuo em extrato 1%, V3: embalagem a vácuo em extrato 3%, V5: embalagem a vácuo em extrato 5%. Amostras não foram analisadas no 12º dia por se apresentarem deterioradas.

A influência das embalagens a vácuo e aeróbica, assim como das diferentes concentrações de extrato de resíduo de acerola na cor a* (tonalidade vermelha) em diferentes tempos de armazenamento (0, 2, 4, 6, 8, 10 e 12 dias) é demonstrada na tabela a seguir (Tabela 2).

Tabela 2 - Valores médios (\pm desvio padrão) de cor a^* da superfície do filezinho de frango (*Pectoralis minor*), segundo tratamento e tempo de armazenamento (dias)

| Trat | Tempo de Armazenamento (dias) | | | | | | |
|-----------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|---------------------------------|--------------------------------|---------------------------------|--------------------------------|
| | 0 | 2 | 4 | 6 | 8 | 10 | 12 |
| AC | 3,27 ^{aA} \pm 0,34 | 3,02 ^{abA} \pm 0,78 | 2,90 ^{cAB} \pm 0,82 | 3,18 ^{cdA} \pm 0,77 | 2,38 ^{bAB} \pm 0,90 | 1,99 ^{eB} \pm 0,82 | - |
| A1 | 3,54 ^{aA} \pm 0,31 | 3,01 ^{abA} \pm 0,70 | 3,00 ^{cA} \pm 0,99 | 2,77 ^{cdA} \pm 0,57 | 3,08 ^{bA} \pm 0,65 | 3,26 ^{cdA} \pm 1,18 | - |
| A3 | 3,48 ^{aA} \pm 0,62 | 1,94 ^{bcB} \pm 0,58 | 3,42 ^{bcA} \pm 0,60 | 2,29 ^{dB} \pm 0,69 | 2,45 ^{bB} \pm 1,09 | 2,49 ^{deB} \pm 0,78 | - |
| A5 | 3,22 ^{aAB} \pm 0,24 | 3,19 ^{aAB} \pm 1,23 | 2,45 ^{cB} \pm 0,69 | 2,43 ^{dB} \pm 0,63 | 2,62 ^{bB} \pm 1,09 | 3,61 ^{bcA} \pm 0,99 | - |
| VC | 3,27 ^{aB} \pm 0,34 | 1,40 ^{cC} \pm 0,35 | 5,29 ^{aA} \pm 1,49 | 5,52 ^{aA} \pm 1,05 | 5,01 ^{aA} \pm 0,92 | 5,46 ^{aA} \pm 0,69 | 3,19 ^{aB} \pm 1,12 |
| V1 | 3,54 ^{aAB} \pm 0,31 | 1,61 ^{cC} \pm 1,04 | 4,25 ^{aAB} \pm 0,93 | 3,86 ^{cAB} \pm 0,85 | 4,54 ^{aAB} \pm 1,21 | 4,79 ^{abA} \pm 1,35 | 3,45 ^{aB} \pm 0,95 |
| V3 | 3,48 ^{aBC} \pm 0,62 | 2,01 ^{bcD} \pm 0,88 | 4,85 ^{aAB} \pm 0,67 | 5,32 ^{abAB} \pm 2,34 | 4,30 ^{aA} \pm 1,01 | 4,15 ^{bcAB} \pm 0,89 | 2,58 ^{aCD} \pm 0,43 |
| V5 | 3,22 ^{aB} \pm 0,24 | 1,95 ^{bcC} \pm 1,12 | 4,81 ^{aA} \pm 0,82 | 4,07 ^{bcAB} \pm 0,67 | 4,74 ^{aA} \pm 0,87 | 4,50 ^{abA} \pm 0,65 | 3,16 ^{aB} \pm 0,53 |

As médias seguidas pela mesma letra minúscula numa mesma coluna e letra maiúscula numa mesma linha não diferem estatisticamente entre si ao nível de 1% pelo teste de Duncan. Trat: tratamento, AC: embalagem aeróbica, sem extrato, A1: embalagem aeróbica em extrato 1%, A3: embalagem aeróbica em extrato 3%, A5: embalagem aeróbica em extrato 5%, VC: embalagem a vácuo, sem extrato, V1: embalagem a vácuo em extrato 1%, V3: embalagem a vácuo em extrato 3%, V5: embalagem a vácuo em extrato 5%. - : Amostras em embalagem aeróbica não foram analisadas no 12º dia por se apresentarem deterioradas.

A partir do 4º dia de armazenagem, as amostras de filezinho embaladas a vácuo apresentaram valores significativamente maiores ($p < 0,05$) de a^* , o que indica tonalidade vermelha mais intensa, do que as amostras embalagens aerobicamente. Os valores menores de a^* nas amostras embaladas aerobicamente podem indicar que houve uma descoloração, provavelmente em função da oxidação da mioglobina a metamioglobina (SCHEVEY; TOSHKOV; BREWER, 2013). Resultados semelhantes foram encontrados por Gómez e Lorenzo (2012) e Lavieri e Williams (2014) investigando o efeito de diferentes embalagens em carne equina e bovina respectivamente. Entretanto, Kartika et al., (2003) encontraram valores de a^* nas embalagens aeróbicas maiores que nas embalagens a vácuo em asas de frango, ao longo de 12 dias. De acordo com Yu, Ahmedna e Goktepe (2010) a cor vermelha é diretamente ligada à percepção da qualidade da carne pelo consumidor. Não foi encontrada nenhuma relação entre o uso de extrato de resíduo de acerola nos valores de a^* . Diferentemente desse estudo, autores observaram que amostras de carne bovina e de frango tratadas com extrato de acerola (REALINI et al. (2015) e extrato de resíduo de romã (NAVEENA et al., 2008) mantiveram a cor vermelha (a^*) enquanto amostras controle apresentaram descoloração.

Na Tabela 3 são apresentados os valores do parâmetro de cor b^* (tonalidade amarela) de acordo com o tipo de embalagem, concentração de extrato de resíduo de acerola e o tempo de armazenamento em amostras de filezinho de frango. Em relação ao valor de b^* , não foi possível estabelecer uma tendência de valores. Essa flutuação nos valores de b^* em todos os tratamentos e tempos pode ser devido à diferença da cor da carne de animal para animal, mesmo entre animais da mesma espécie. A ausência de oxigênio nas embalagens de carnes costuma conferir uma coloração menos amarelada da carne que embalagens em atmosfera normal ou ricas em oxigênio (JONGBERG et al., 2014, FERNANDES et al., 2014). Devatkal, Thorat e Manjunatha (2014) avaliando o efeito do extrato de resíduo de romã e embalagem a vácuo na carne de caprina observaram uma correlação entre a cor e o valor de TBARS, onde o valor de b^* teve uma correlação positiva com o valor de TBARS.

Tabela 3 - Valores médios (\pm desvio padrão) de cor b^* da superfície do filezinho de frango, segundo tratamento e tempo de armazenamento

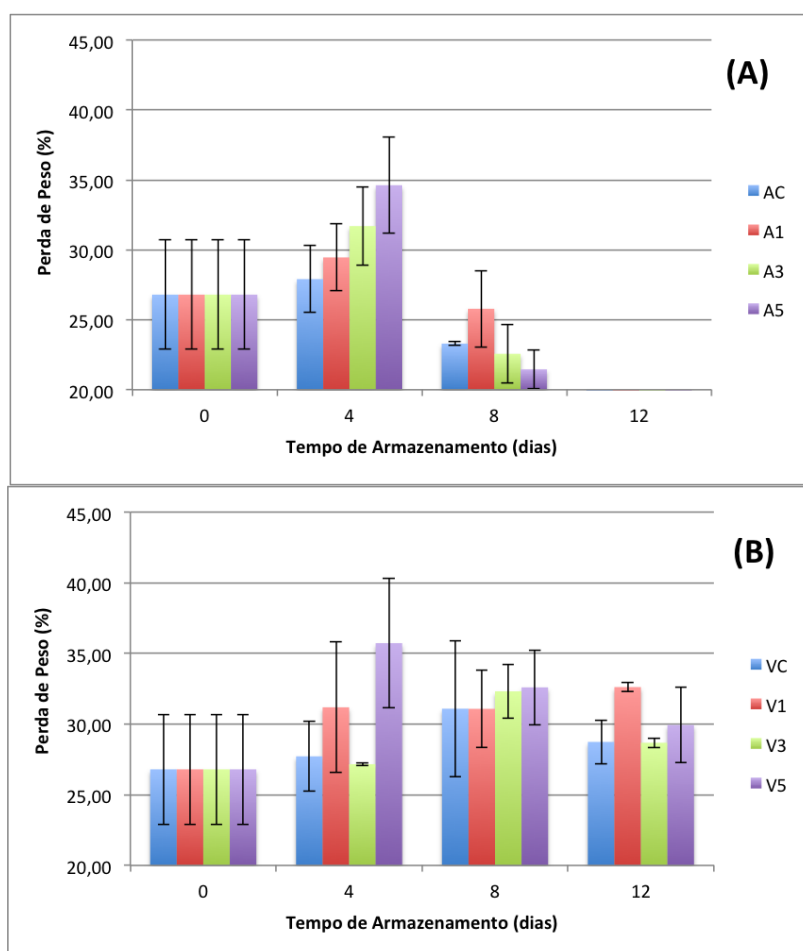
| Trat | Tempo de Armazenamento (dias) | | | | | | |
|-----------|--------------------------------|--------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|--------------------------------|
| | 0 | 2 | 4 | 6 | 8 | 10 | 12 |
| AC | 5,26 ^{aAB} \pm 0,99 | 2,71 ^{cC} \pm 0,27 | 4,89 ^{abB} \pm 1,12 | 6,10 ^{abAB} \pm 1,60 | 5,03 ^{abB} \pm 0,62 | 6,46 ^{aA} \pm 1,38 | - |
| A1 | 5,65 ^{aA} \pm 0,60 | 4,12 ^{bAB} \pm 1,57 | 4,39 ^{bcAB} \pm 1,67 | 3,24 ^{dB} \pm 1,07 | 5,31 ^{abA} \pm 1,08 | 3,29 ^{eB} \pm 1,15 | - |
| A3 | 6,15 ^{aAB} \pm 0,61 | 4,63 ^{bB} \pm 0,38 | 4,69 ^{abB} \pm 1,42 | 6,54 ^{aA} \pm 1,68 | 5,55 ^{abAB} \pm 1,64 | 4,78 ^{bcB} \pm 0,56 | - |
| A5 | 6,64 ^{aA} \pm 0,47 | 4,67 ^{bCD} \pm 1,77 | 6,03 ^{aAB} \pm 1,09 | 4,57 ^{bcD} \pm 1,14 | 6,40 ^{aAB} \pm 0,84 | 5,17 ^{abBC} \pm 0,97 | - |
| VC | 5,26 ^{aA} \pm 0,99 | 4,89 ^{bA} \pm 0,49 | 5,26 ^{abA} \pm 0,76 | 3,16 ^{dB} \pm 0,58 | 3,79 ^{cB} \pm 0,94 | 3,45 ^{deB} \pm 0,61 | 5,36 ^{aA} \pm 0,70 |
| V1 | 5,65 ^{ab} \pm 0,60 | 7,57 ^{aA} \pm 0,96 | 3,36 ^{cDE} \pm 0,32 | 4,40 ^{cdCD} \pm 1,04 | 4,51 ^{bcC} \pm 0,70 | 4,23 ^{cdCD} \pm 1,14 | 3,14 ^{bE} \pm 0,88 |
| V3 | 6,15 ^{aAB} \pm 0,61 | 6,58 ^{aA} \pm 0,83 | 3,95 ^{bcC} \pm 0,58 | 5,01 ^{abBC} \pm 1,38 | 6,27 ^{aAB} \pm 1,39 | 4,93 ^{bcBC} \pm 1,36 | 4,97 ^{aBC} \pm 0,97 |
| V5 | 6,64 ^{aAB} \pm 0,47 | 7,50 ^{aA} \pm 1,02 | 3,67 ^{cC} \pm 1,76 | 5,90 ^{abB} \pm 0,79 | 5,71 ^{abB} \pm 1,86 | 5,87 ^{abB} \pm 1,22 | 3,29 ^{bC} \pm 1,16 |

As médias seguidas pela mesma letra minúscula numa mesma coluna e letra maiúscula numa mesma linha não diferem estatisticamente entre si ao nível de 1% pelo teste de Duncan. Trat: tratamento, AC: embalagem aeróbica, sem extrato, A1: embalagem aeróbica em extrato 1%, A3: embalagem aeróbica em extrato 3%, A5: embalagem aeróbica em extrato 5%, VC: embalagem a vácuo, sem extrato, V1: embalagem a vácuo em extrato 1%, V3: embalagem a vácuo em extrato 3%, V5: embalagem a vácuo em extrato 5%. Amostras em embalagem aeróbica não foram analisadas no 12º dia por se apresentarem deterioradas.

3.6 Perda de peso por cocção

A Figura 7 mostra os percentuais da perda de peso por cocção nas amostras de filezinho de frango em diferentes embalagens e concentrações de extrato de resíduo de acerola, ao longo do tempo de armazenamento.

Figura 7 - Perda de peso por cocção dada em porcentagem (%) do filezinho de frango em diferentes dias de armazenamento, em embalagem aeróbica (A) e em embalagem a vácuo (B)



Barras de erro mostram o desvio padrão das médias. AC: embalagem aeróbica, sem extrato, A1: embalagem aeróbica em extrato 1%, A3: embalagem aeróbica em extrato 3%, A5: embalagem aeróbica em extrato 5%, VC: embalagem a vácuo, sem extrato, V1: embalagem a vácuo em extrato 1%, V3: embalagem a vácuo em extrato 3%, V5: embalagem a vácuo em extrato 5%. Amostras em embalagem aeróbica não foram analisadas no 12º dia por se apresentarem deterioradas.

No presente estudo as perdas médias por cocção variaram entre 22 e 36%. Souza, Faria e Bressan (2011) encontraram perda de média de 30% no cozimento de peito de frango. Fregonesi et al. (2014) relataram um aumento

gradativo na perda de peso por cozimento ao longo do período de armazenamento em refrigeração em carne de cordeiro embalada a vácuo.

A perda de peso por cocção mostra o maior nível de perda nas amostras tratadas com extrato a 5% no dia 4, tanto na embalagem aeróbica como na embalagem a vácuo. Perdas maiores foram observadas nas amostras embaladas a vácuo. Essa perda pode ter haver com a pressão exercida pelo vácuo, fazendo com que haja mudanças na estrutura da carne que mantém a água aprisionada e também pelo fato de a carne embalada a vácuo apresentar menor perda de água da superfície durante o armazenamento refrigerado que a carne embalada aerobicamente por ser envolvida em filme de baixa permeabilidade ao vapor d'água. Durante o processo de cozimento a água da superfície é rapidamente perdida pelo calor da cocção.

Naveena et al. (2008) adicionaram extrato de resíduo de roma (cascas) em carne de frango e não encontraram diferenças significativas no rendimento de carne de frango após o cozimento quando comparado ao tratamento controle.

3.7 Análise de perfil de textura (TPA)

Os resultados do perfil de textura analisados (dureza, coesividade e elasticidade) de filezinhos de frango em embalagem a vácuo e aeróbica, armazenados a $3 \pm 1^\circ\text{C}$ durante 12 dias são mostrados nas tabelas 4 a 6. O resultados da análise de perfil de textura (TPA) da amostra controle inicial estão próximos aos descritos por Ávila et al. (2014), que para peito de frango cozido encontraram o valor de dureza de 3,375 kg (33,1 N), coesividade 0,46 e elasticidade 6,30 mm (6,3 cm). No presente estudo o valor para o filé de frango cozido foi de 3,626 kg, 0,56 e 6,37 mm para dureza, coesividade e elasticidade, respectivamente. Devatkal, Thorat e Manjunatha (2014) relataram aumento da dureza em carne de caprino ao longo do período de armazenamento, em todos os tratamentos (entre amostras embaladas aerobicamente, a vácuo e a vácuo com extrato de resíduo de romã) no entanto o uso de embalagem a vácuo manteve os valores de dureza mais próximos aos iniciais. Os autores atribuem esse aumento da dureza à perda de umidade ao longo do armazenamento em refrigeração. Ao

longo do período de armazenamento os valores de dureza diminuíram, independentemente do tipo de embalagem ou concentração de extrato. Nas amostras embaladas a vácuo o valor de dureza foi mais estável que nas embalagens aeróbicas.

Tabela 4 - Valores médios (\pm desvio padrão) de dureza (em kg) de filezinhos de frango, segundo tratamento e tempo de armazenamento a $3 \pm 1^\circ\text{C}$

| Tratamento | Tempo de armazenamento (dias) | | | |
|------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|---------------------------------|
| | 0 | 4 | 8 | 12 |
| AC | 3,626 ^{aA} \pm 0,309 | 2,307 ^{dB} \pm 0,439 | 3,499 ^{aA} \pm 0,265 | - |
| A1 | 3,626 ^{aA} \pm 0,309 | 2,565 ^{cdB} \pm 0,162 | 2,801 ^{bcB} \pm 0,159 | - |
| A3 | 3,626 ^{aA} \pm 0,309 | 2,537 ^{cdB} \pm 0,194 | 2,820 ^{bcB} \pm 0,534 | - |
| A5 | 3,626 ^{aA} \pm 0,309 | 3,498 ^{bA} \pm 0,186 | 2,564 ^{cB} \pm 0,044 | - |
| VC | 3,626 ^{aA} \pm 0,309 | 3,174 ^{bA} \pm 0,096 | 2,448 ^{cB} \pm 0,222 | 3,769 ^{aA} \pm 0,648 |
| V1 | 3,626 ^{aAB} \pm 0,309 | 3,443 ^{baB} \pm 0,347 | 3,121 ^{abB} \pm 0,122 | 4,003 ^{aA} \pm 0,716 |
| V3 | 3,626 ^{aA} \pm 0,309 | 3,090 ^{bcA} \pm 0,407 | 3,154 ^{abA} \pm 0,255 | 3,509 ^{aA} \pm 0,204 |
| V5 | 3,626 ^{aAB} \pm 0,309 | 4,060 ^{aA} \pm 0,428 | 3,167 ^{abB} \pm 0,109 | 2,957 ^{aB} \pm 0,577 |

As médias seguidas pela mesma letra minúscula numa mesma coluna e letra maiúscula numa mesma linha não diferem estatisticamente entre si ao nível de 5% pelo teste de Duncan. AC: embalagem aeróbica, sem extrato, A1: embalagem aeróbica em extrato 1%, A3: embalagem aeróbica em extrato 3%, A5: embalagem aeróbica em extrato 5%, VC: embalagem a vácuo, sem extrato, V1: embalagem a vácuo em extrato 1%, V3: embalagem a vácuo em extrato 3%, V5: embalagem a vácuo em extrato 5%. - : amostras em embalagem aeróbica não foram analisadas no 12º dia por se apresentarem deterioradas.

Tabela 5 - Valores médios (\pm desvio padrão) de elasticidade (em milímetros) de carne de frango, segundo tratamento e tempo de armazenamento

| Tratamento | Tempo de armazenamento (dias) | | | |
|------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|-------------------------------|
| | 0 | 4 | 8 | 12 |
| AC | 6,37 ^{aA} \pm 0,84 | 5,73 ^{bcA} \pm 1,16 | 6,33 ^{abA} \pm 0,21 | - |
| A1 | 6,37 ^{aA} \pm 0,84 | 5,47 ^{bcA} \pm 0,86 | 6,57 ^{abA} \pm 0,31 | - |
| A3 | 6,37 ^{aAB} \pm 0,84 | 5,40 ^{bcB} \pm 0,10 | 7,30 ^{aA} \pm 0,62 | - |
| A5 | 6,37 ^{aA} \pm 0,84 | 6,17 ^{abA} \pm 0,59 | 6,70 ^{abA} \pm 0,90 | - |
| VC | 6,37 ^{aA} \pm 0,84 | 5,17 ^{cA} \pm 0,91 | 5,40 ^{bA} \pm 0,70 | 5,97 ^{aA} \pm 0,06 |
| V1 | 6,37 ^{aA} \pm 0,84 | 5,93 ^{abA} \pm 0,49 | 6,43 ^{abA} \pm 1,36 | 6,17 ^{aA} \pm 1,33 |
| V3 | 6,37 ^{aA} \pm 0,84 | 7,20 ^{aA} \pm 0,53 | 5,07 ^{bB} \pm 0,51 | 6,70 ^{aA} \pm 0,46 |
| V5 | 6,37 ^{aA} \pm 0,84 | 6,67 ^{abA} \pm 0,38 | 5,67 ^{abA} \pm 1,37 | 6,70 ^{aA} \pm 0,62 |

As médias seguidas pela mesma letra minúscula numa mesma coluna e letra maiúscula numa mesma linha não diferem estatisticamente entre si ao nível de 5% pelo teste de Duncan. AC: embalagem aeróbica, sem extrato, A1: embalagem aeróbica em extrato 1%, A3: embalagem aeróbica em extrato 3%, A5: embalagem aeróbica em extrato 5%, VC: embalagem a vácuo, sem extrato, V1: embalagem a vácuo em extrato 1%, V3: embalagem a vácuo em extrato 3%, V5: embalagem a vácuo em extrato 5%. - : amostras em embalagem aeróbica não foram analisadas no 12º dia por se apresentarem deterioradas.

Não foram encontradas diferenças significativa de elasticidade (Tabela 5) e coesividade (Tabela 6) e entre as amostras de filezinhos de frango. Devatkal, Thorat e Manjunatha (2014) também não observaram diferenças significativas de elasticidade e coesividade entre amostras embaladas aerobicamente, a vácuo e a vácuo com extrato de resíduo de romã em carne de caprino.

Tabela 6 - Valores médios (\pm desvio padrão) de coesividade da carne de frango, segundo tratamento e tempo de armazenamento

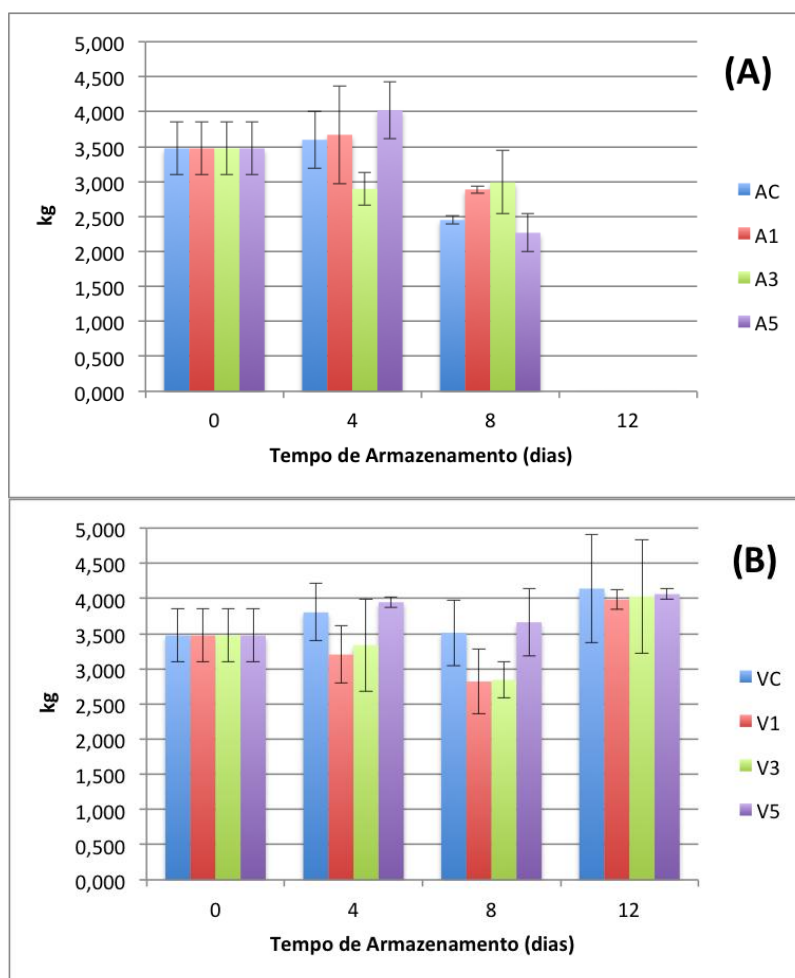
| Tratamento | Tempo de armazenamento (dias) | | | |
|------------|--------------------------------|---------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| | 0 | 4 | 8 | 12 |
| AC | 0,56 ^{ab} \pm 0,06 | 0,61 ^{abAB} \pm 0,07 | 0,68 ^{aA} \pm 0,04 | - |
| A1 | 0,56 ^{ab} \pm 0,06 | 0,64 ^{aAB} \pm 0,04 | 0,68 ^{aA} \pm 0,04 | - |
| A3 | 0,56 ^{aA} \pm 0,06 | 0,62 ^{abA} \pm 0,03 | 0,61 ^{abA} \pm 0,07 | - |
| A5 | 0,56 ^{aA} \pm 0,06 | 0,55 ^{bA} \pm 0,02 | 0,61 ^{abA} \pm 0,05 | - |
| VC | 0,56 ^{aA} \pm 0,06 | 0,57 ^{abA} \pm 0,04 | 0,60 ^{abA} \pm 0,07 | 0,59 ^{abA} \pm 0,02 |
| V1 | 0,56 ^{aA} \pm 0,06 | 0,56 ^{abA} \pm 0,04 | 0,60 ^{abA} \pm 0,03 | 0,53 ^{bA} \pm 0,05 |
| V3 | 0,56 ^{aAB} \pm 0,06 | 0,54 ^{bB} \pm 0,04 | 0,52 ^{bB} \pm 0,05 | 0,63 ^{aA} \pm 0,01 |
| V5 | 0,56 ^{aA} \pm 0,06 | 0,56 ^{abA} \pm 0,05 | 0,61 ^{abA} \pm 0,02 | 0,61 ^{aA} \pm 0,07 |

As médias seguidas pela mesma letra minúscula numa mesma coluna e letra maiúscula numa mesma linha não diferem estatisticamente entre si ao nível de 5% pelo teste de Duncan. AC: embalagem aeróbica, sem extrato, A1: embalagem aeróbica em extrato 1%, A3: embalagem aeróbica em extrato 3%, A5: embalagem aeróbica em extrato 5%, VC: embalagem a vácuo, sem extrato, V1: embalagem a vácuo em extrato 1%, V3: embalagem a vácuo em extrato 3%, V5: embalagem a vácuo em extrato 5%. - : amostras em embalagem aeróbica não foram analisadas no 12º dia por se apresentarem deterioradas.

3.8 Força de cisalhamento

As forças necessárias para o corte das amostras de filezinho de frango embaladas a vácuo ou em atmosfera normal, de acordo com a concentração de extrato de resíduo de acerola utilizada (0, 1, 3 e 5%) e os tempos de armazenamento (dias 0, 4, 8 e 12) estão representadas a seguir na Figura 8:

Figura 8 - Valores médios de força de cisalhamento (kg) do filezinho de frango, segundo tratamento e tempo de armazenamento (dias), em embalagem aeróbica (A) e em embalagem a vácuo (B)



Barras de erro mostram o desvio padrão das médias. AC: embalagem aeróbica, sem extrato, A1: embalagem aeróbica em extrato 1%, A3: embalagem aeróbica em extrato 3%, A5: embalagem aeróbica em extrato 5%, VC: embalagem a vácuo, sem extrato, V1: embalagem a vácuo em extrato 1%, V3: embalagem a vácuo em extrato 3%, V5: embalagem a vácuo em extrato 5%. Amostras em embalagem aeróbica não foram analisadas no 12º dia por se apresentarem deterioradas.

O valor inicial de dureza (3,626 kg) foi muito próximo ao valor da força de cisalhamento (3,475 kg). Os valores iniciais de força de cisalhamento são próximos aos valores encontrados por Cortez-Vega, Pizato e Prentice (2012), com 3,230 kg em peito de frango. Os tratamentos não apresentaram diferença ($p > 0,05$) ao longo do tempo de armazenamento, exceto pelas embalagens aeróbicas no fim do armazenamento (8º dia) apresentando uma queda significativa ($p < 0,05$) na força de cisalhamento. Essa queda do valor de força

necessária para o corte é relacionada à deterioração por microrganismos durante o período de armazenamento. Ocorre um aumento da necessidade nutricional microbiana e as fibras se rompem mais facilmente (CORTEZ-VEGA; PIZATO; PRENTICE, 2012). Vários trabalhos mostram a contagem total de microrganismos em carnes embaladas a vácuo é menor que em carnes embaladas em atmosfera normal (KARTIKA et al., 2003, NTZIMANI; GIATRAKOU; SAVVAIDIS, 2010, PAVELKOVÁ, 2014), fato que explicaria a maior maciez do filezinho de frango armazenado em embalagem aeróbica que o armazenado em embalagem a vácuo. Esse resultado é consistente com os achados por Cortez-Vega, Pizato e Prentice (2012) que aos 9 dias de armazenamento refrigerado (5 °C) encontraram valores de força de cisalhamento menores no peito de frango embalado aerobicamente quando comparados à amostras embaladas em ausência de oxigênio (100% CO₂). Em contraste, Fernandes et al. (2014) encontraram valores de força de cisalhamento menores na embalagem a vácuo (3,950 kg) que nas embalagens ricas em oxigênio (4,310 kg em 75% O₂:25% CO₂) e ricas em CO₂ (4,640 kg em 100% CO₂) trabalhando com lombos de cordeiro e Zakrys-Waliwander et al. (2012) e Santos et al. (2014) também obtiveram resultados semelhantes e atribuíram a menor maciez ao longo do armazenamento à presença de oxigênio na embalagem. Essa menor maciez pela presença de oxigênio pode estar ligada à desnaturação de proteínas como as calpaínas, consideradas as principais enzimas envolvidas na promoção da proteólise pós-morte que conduz ao amaciamento da carne (HUANG et al., 2012).

CONCLUSÃO

O presente estudo mostra que o uso de embalagem a vácuo confere proteção contra oxidação lipídica, descoloração e manutenção do pH em filés de frango armazenados a 3 °C. O extrato de resíduo de acerola teve efeito sinérgico com a embalagem a vácuo no que diz respeito à inibição ou retardo do desenvolvimento de oxidação lipídica. A aplicação do extrato pode ser limitada a 3%, já que na concentração máxima (5%) não foram observados resultados melhores que os obtidos com a concentração de 3%. O extrato de resíduo de acerola nas concentrações de 1, 3 e 5%, não afetou significativamente a aparência do produto, indicando sua viabilidade para a aplicação em filés de frango como antioxidante.

REFERÊNCIAS

ABPA. Associação Brasileira de Proteína Animal. **Relatório Anual 2014**. Disponível em: <http://www.ubabef.com.br/publicacoes?m=75&date=2014-03>. Acesso em: 20 jul. 2014.

ALLEN, C. D. et al. The relationship of broiler breast color to meat quality and shelf-life. **Poultry Science**, v. 77, n. 2, p. 361-366, 1998.

AMSA. American Meat Science Association. **Research Guidelines for Cookery, Sensory Evaluation, and Instrumental Tenderness Measurements of Meat**. Natl. Livestock and Meat Board, Chicago, IL. 105 p. 2nd ed. 2015.

AOAC. Association of Official Analytical Chemists. **Official methods of the analysis of the association of official analytical chemists**. 18th ed. Washington: AOAC, 2005.

ARGYRI, A. A.; PANAGOU, E. Z.; NYCHAS, G. J. E. Advances in vacuum and modified atmosphere packaging of poultry products. In: **Advances in Meat, Poultry and Seafood Packaging**, J. P. Kerry (ed). Cambridge: Woodhead, p. 205-247, 2012.

ÁVILA, M. D. R. et al. Rheological behaviour of commercial cooked meat products evaluated by tensile test and texture profile analysis (TPA). **Meat Science**, v. 98, n. 2, p. 310-315, 2014.

AYALA-ZAVALA , J. F. et al., Antioxidant enrichment and antimicrobial protection of fresh-cut fruits using their own by-products: looking for integral exploitation. **Journal of Food Science**, v. 75, n. 8, p. R175-R181, 2010.

BALAMATSIA, C. C. et al. Correlation between microbial flora, sensory changes and biogenic amines formation in fresh chicken meat stored aerobically or under modified atmosphere packaging at 4 C: possible role of biogenic amines as spoilage indicators. **Antonie van Leeuwenhoek**, v. 89, n. 1, p. 9-17, 2006.

BALAMATSIA, C. C. et al. Possible role of volatile amines as quality-indicating metabolites in modified atmosphere-packaged chicken fillets: Correlation with microbiological and sensory attributes. **Food Chemistry**, v. 104, n. 4, p. 1622-1628, 2007.

BAZARGANI-GILANI, B.; ALIAKBARLU, J.; TAJIK, H. Effect of pomegranate juice dipping and chitosan coating enriched with Zataria multiflora Boiss essential oil on the shelf-life of chicken meat during refrigerated storage. **Innovative Food Science & Emerging Technologies**, v. 29, p. 280-287, 2015.

BELTRAN, E. et al. Use of antioxidants to minimize rancidity in pressurized and cooked chicken slurries. **Meat Science**, v. 66, n. 3, p. 719-725, 2004.

BOURNE, M. C. Principles of objective texture measurement. In: **Food texture and viscosity: concept and measurement**, 2nd edition. New York: Academic Press p. 107-188, 2002.

BRAND-WILLIAMS, W.; CUVELIER, M.E.; BERSET, C. Use of free radical method to evaluate antioxidant activity. **Lebensmittel-Wissenschaft + Technologie/ Food Science + Technology**, London, v.28, n.1, p.25-30, 1995.

BRENESSELOVÁ, M. et al. Effects of vacuum packaging conditions on the quality, biochemical changes and the durability of ostrich meat. **Meat Science**, v. 101, p. 42-47, 2015.

CAMPO, M. M. et al. Flavour perception of oxidation in beef. **Meat Science**, v. 72, n. 2, p. 303-311, 2006.

CASTRO, W. F.; MARIUTTI, L. R. B.; BRAGAGNOLO, N. The effects of colorifico on lipid oxidation, colour and vitamin E in raw and grilled chicken patties during frozen storage. **Food Chemistry**, v. 124, n. 1, p. 126-131, 2011.

CHOULIARA, E. et al. Combined effect of oregano essential oil and modified atmosphere packaging on shelf-life extension of fresh chicken breast meat, stored at 4 C. **Food Microbiology**, v. 24, n. 6, p. 607-617, 2007.

CONCHILLO, A.; ANSORENA, D.; ASTIASARÁN, I. Intensity of lipid oxidation and formation of cholesterol oxidation products during frozen storage of raw and cooked chicken. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 85, n. 1, p. 141-146, 2005.

CORTEZ- VEGA, W. R.; PIZATO, S.; PRENTICE, C. Quality of raw chicken breast stored at 5C and packaged under different modified atmospheres. **Journal of Food Safety**, v. 32, n. 3, p. 360-368, 2012.

DELVA, L.; GOODRICH- SCHNEIDER, R.. Antioxidant activity and antimicrobial properties of phenolic extracts from acerola (*Malpighia emarginata* DC) fruit. **International Journal of Food Science & Technology**, v. 48, n. 5, p. 1048-1056, 2013.

DEVATKAL, S. K.; NAVEENA, B. M. Effect of salt, kinnow and pomegranate fruit by-product powders on color and oxidative stability of raw ground goat meat during refrigerated storage. **Meat Science**, v. 85, n. 2, p. 306-311, 2010.

DEVATKAL, S. K.; THORAT, P.; MANJUNATHA, M. Effect of vacuum packaging and pomegranate peel extract on quality aspects of ground goat meat and nuggets. **Journal of Food Science and Technology**, v. 51, n. 10, p. 2685-2691, 2014.

FAO. Faostat - Food and Agriculture Organization of the United Nations Statistics Database. Disponível em <<http://faostat3.fao.org>>. Acesso em Dez 2014.

FLETCHER, D. L.; QIAO, M.; SMITH, D. P. The relationship of raw broiler breast meat color and pH to cooked meat color and pH. **Poultry Science**, v. 79, n. 5, p. 784-788, 2000.

FREGONESI, R. P. et al. Irradiated vacuum-packed lamb meat stored under refrigeration: Microbiology, physicochemical stability and sensory acceptance. **Meat Science**, v. 97, n. 2, p. 151-155, 2014.

GÓMEZ, M.; LORENZO, J. M. Effect of packaging conditions on shelf-life of fresh foal meat. **Meat Science**, v. 91, n. 4, p. 513-520, 2012.

HUANG, M. et al. Preliminary study on the effect of caspase-6 and calpain inhibitors on postmortem proteolysis of myofibrillar proteins in chicken breast muscle. **Meat Science**, v. 90, n. 3, p. 536-542, 2012.

JONGBERG, S. et al. Effect of high-oxygen atmosphere packaging on oxidative stability and sensory quality of two chicken muscles during chill storage. **Food Packaging and Shelf Life**, v. 1, n. 1, p. 38-48, 2014.

KABIR, F. et al. Antioxidant and cytoprotective activities of extracts prepared from fruit and vegetable wastes and by-products. **Food Chemistry**, v. 167, p. 358-362, 2015.

KARTIKA, S. et al. Rinse treatment and oxygen barrier properties of films for improving quality retention in vacuum-skin packaged fresh chicken. **Journal of Food Science**, v. 68, n. 5, p. 1762-1765, 2003.

LAVIERI, N.; WILLIAMS, S. K. Effects of packaging systems and fat concentrations on microbiology, sensory and physical properties of ground beef stored at $4\pm 1^{\circ}$ C for 25 days. **Meat Science**, v. 97, n. 4, p. 534-541, 2014.

LIMA, V. L. A. G. et al. Total phenolic and carotenoid contents in acerola genotypes harvested at three ripening stages. **Food Chemistry**, v. 90, n. 4, p. 565-568, 2005.

LYON, B. G.; LYON, C. E. Texture evaluations of cooked, diced broiler breast samples by sensory and mechanical methods. **Poultry Science**, v. 75, n. 6, p. 813-819, 1996.

NAVEENA, B. M. et al. Comparative efficacy of pomegranate juice, pomegranate rind powder extract and BHT as antioxidants in cooked chicken patties. **Meat Science**, v. 80, n. 4, p. 1304-1308, 2008.

NISSEN, L. R. et al. Protection of dehydrated chicken meat by natural antioxidants as evaluated by electron spin resonance spectrometry. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 48, n. 11, p. 5548-5556, 2000.

NÓBREGA, E. M. et al. The impact of hot air drying on the physical- chemical characteristics, bioactive compounds and antioxidant activity of acerola (*Malpighia emarginata*) residue. **Journal of Food Processing and Preservation**, v. 39, n. 2, p. 131-141, 2015.

NTZIMANI, A. G.; GIATRAKOU, V. I.; SAVVAIDIS, I. N. Combined natural antimicrobial treatments (EDTA, lysozyme, rosemary and oregano oil) on semi cooked coated chicken meat stored in vacuum packages at 4 C: microbiological and sensory evaluation. **Innovative Food Science & Emerging Technologies**, v. 11, n. 1, p. 187-196, 2010.

OLIVEIRA, A. C. et al. 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, 2009.

PACKER, V. G. et al. Chemical characterization, antioxidant activity and application of beetroot and guava residue extracts on the preservation of cooked chicken meat. **Journal of Food Science and Technology**, p. 1-8, 2015.

PATSIAS, A. et al. Combined effect of freeze chilling and MAP on quality parameters of raw chicken fillets. **Food Microbiology**, v. 25, n. 4, p. 575-581, 2008.

PAVELKOVÁ, A. et al. The effect of vacuum packaging, EDTA, oregano and thyme oils on the microbiological quality of chicken's breast. **Anaerobe**, v. 29, p. 128-133, 2014.

PETROU, S. et al. Chitosan dipping or oregano oil treatments, singly or combined on modified atmosphere packaged chicken breast meat. **International Journal of Food Microbiology**, v. 156, n. 3, p. 264-271, 2012.

QIAO, M. et al. The relationship between raw broiler breast meat color and composition. **Poultry Science**, v. 81, n. 3, p. 422-427, 2002.

RACANICCI, A. M. C. et al. Antioxidant effect of dittany (*Origanum dictamnus*) in pre-cooked chicken meat balls during chill-storage in comparison to rosemary (*Rosmarinus officinalis*). **European Food Research and Technology**, v. 218, n. 6, p. 521-524, 2004.

REALINI, C. E. et al. Effects of acerola fruit extract on sensory and shelf-life of salted beef patties from grinds differing in fatty acid composition. **Meat Science**, v. 99, p. 18-24, 2015.

RODRIGUEZ, M. B. R. et al. The effect of carbon dioxide on the shelf life of ready-to-eat shredded chicken breast stored under refrigeration. **Poultry Science**, v. 93, n. 1, p. 194-199, 2014.

SANCHEZ-MORENO, C.; LARRAURI, J. A.; SAURA-CALIXTO, F.; A procedure to measure the antiradical efficiency of polyphenols. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.76, p.270-276, 1998.

SANCHO, S. O. et al. Characterization of the Industrial Residues of Seven Fruits and Prospection of Their Potential Application as Food Supplements. **Journal of Chemistry**, v. 2015, 2015.

SILVA, L. M. R. et al. Quantification of bioactive compounds in pulps and by-products of tropical fruits from Brazil. **Food Chemistry**, v. 143, p. 398-404, 2014.

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 in Enzymology**, v. 299, p. 152-178, 1999.

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

SOUZA, X. R.; FARIA, P. B.; BRESSAN, M. C. Proximate composition and meat quality of broilers reared under different production systems. **Brazilian Journal of Poultry Science**, v. 13, n. 1, p. 15-20, 2011.

VAITHIYANATHAN, S. et al. Effect of dipping in pomegranate (*Punica granatum*) fruit juice phenolic solution on the shelf life of chicken meat under refrigerated storage (4 C). **Meat Science**, v. 88, n. 3, p. 409-414, 2011.

VAN LAACK, R. L. J. M. et al. Characteristics of pale, soft, exudative broiler breast meat. **Poultry Science**, v. 79, n. 7, p. 1057-1061, 2000.

VYNCKE, W. Direct determination of the thiobarbituric acid value in trichloroacetic acid extracts of fish as a measure of oxidative rancidity. **Fette, Seifen, Anstrichmittel**, v. 72, n. 12, p. 1084-1087, 1970.

WETTASINGHE, M.; SHAHIDI, F. Evening primrose meal: a source of natural antioxidants and scavenger of hydrogen peroxide and oxygen-derived free radicals. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. v.47, n. 5, p.1801- 1812, 1999.

XIAO, S. et al. Effects of diet, packaging, and irradiation on protein oxidation, lipid oxidation, and color of raw broiler thigh meat during refrigerated storage. **Poultry Science**, v. 90, n. 6, p. 1348-1357, 2011.

YU, J.; AHMEDNA, M.; GOKTEPE, I. Potential of peanut skin phenolic extract as antioxidative and antibacterial agent in cooked and raw ground beef. **International journal of Food Science & Technology**, v. 45, n. 7, p. 1337-1344, 2010.

ZAKRYS-WALIWANDER, P. I. et al. The effects of high oxygen modified atmosphere packaging on protein oxidation of bovine *M. longissimus dorsi* muscle during chilled storage. **Food Chemistry**, v. 131, n. 2, p. 527-532, 2012.