



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



**EFEITO DA ADIÇÃO DA FARINHA DO RESÍDUO AGROINDUSTRIAL DE  
ACEROLA SOBRE A ESTABILIDADE DE HAMBURGUERES DE CARNE  
BOVINA**

MARCELLA BARRETO DE MESQUITA CARDOSO AGUIAR

Recife  
2018



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



MARCELLA BARRETO DE MESQUITA CARDOSO AGUIAR

**EFEITO DA ADIÇÃO DA FARINHA DO RESÍDUO AGROINDUSTRIAL DE  
ACEROLA SOBRE A ESTABILIDADE DE HAMBURGUERES DE CARNE  
BOVINA**

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.

ORIENTADOR/A: ENAYDE DE ALMEIDA MELO

CO-ORIENTADOR/A: ANDRELINA MARIA PINHEIRO SANTOS

Recife  
2018

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
Sistema Integrado de Bibliotecas da UFRPE  
Biblioteca Central, Recife-PE, Brasil

A282e Aguiar, Marcella Barreto de Mesquita Cardoso  
Efeito da adição da farinha do resíduo agroindustrial de acerola sobre a  
estabilidade de hambúrgueres de carne bovina / Marcella Barreto de Mesquita  
Cardoso Aguiar. – 2016.  
64 f. : il.

Orientadora: Enayde de Almeida Melo.  
Coorientadora: Andreлина Maria Pinheiro Santos.  
Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Programa  
de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Recife, BR-PE, 2016.  
Inclui referências.

1. Antioxidantes 2. Lipídios – Oxidação 3. Hambúrgueres 4. Carne bovina  
I. Melo, Enayde de Almeida, orient. II. Santos, Andreлина Maria Pinheiro, coorient.  
III. Título

CDD 664

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

**EFEITO DA ADIÇÃO DA FARINHA DO RESÍDUO AGROINDUSTRIAL DE  
ACEROLA SOBRE A QUALIDADE DE HAMBURGUERES DE CARNE  
BOVINA**

**Por Marcella Barreto de Mesquita Cardoso Aguiar**

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

Banca Examinadora:

---

Prof Dr. Paulo Roberto Campgnoli de Oliveira Filho  
Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE)

---

Profa Dra. Erilane de Castro Lima Machado  
Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE)

---

Profa Dra. Argélia Maria Araújo Dias da Silva  
Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE)

Dedico a memória de  
Mainha Ranilda Cardoso Aguiar!

Um exemplo de força, amor e vida,  
sei do tamanho do seu orgulho por mim,  
obrigada por tudo mainha.  
TE AMO. SAUDADES ETERNAS.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por estar sempre ao meu lado, por ter me dado força, me iluminado e me abençoado durante esta caminhada;

Aos meus avós Francisco de Assis Pinto Aguiar e Ranilda Cardoso Aguiar (in memoriam) por todo amor, atenção e educação;

Ao meu marido Diego Galba, por todo o apoio, por ter me ajudado inúmeras vezes e pela paciência e suporte nos momentos difíceis, te amo;

Aos meus filhos, Gabriel e Guilherme Galba, que me fazem lembrar que tenho que ser melhor a cada dia, por mim e por eles;

Aos meus sogros Antônio Ferreira da Silva e Maria de Fátima de Lira Ferreira pelo incentivo para participar da seleção do mestrado, pelo apoio, carinho e compreensão e por me apoiar com as crianças para que eu pudesse me dedicar a esta pesquisa. Obrigada, sem vocês eu não teria conseguido.

A todos meus familiares, pelo apoio e pelo incentivo, principalmente a Tio Edu, que mesmo distante estar sempre presente;

Aos meus amigos Eron, Saulo, Dhara, Gláucia, Iris, Jaqueline que fiz no mestrado e que levarei para toda a vida, pelo suporte e pelas noites em claro;

A meu amigo Rodrigo, por todo o apoio, amizade, risadas, por me escutar nos momentos de aflição e pelo auxílio nas análises microbiológicas;

A minha orientadora, professora Enayde de Almeida Melo, pela orientação, paciência e principalmente compreensão, sem palavras para agradecer;

A funcionária Ana, pelos serviços prestados;

Ao Programa de Pós-Graduação de Ciência e Tecnologia de Alimentos da UFRPE, pela oportunidade de continuar minha formação acadêmica;

A todos que direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho.

## RESUMO

Os produtos cárneos, em função da presença de lipídios em sua composição estão propensos a reações de oxidação. A adição de antioxidantes é a prática mais comum para aumentar a estabilidade dos lipídios em alimentos. Contudo, pesquisas têm demonstrado que os antioxidantes sintéticos apresentam toxicidade, impondo a necessidade de substituí-los por naturais. O resíduo de acerola é considerado uma fonte potencial de antioxidante. Sendo assim, com o presente estudo objetivou-se avaliar a estabilidade oxidativa de hambúrgueres de carne bovina, armazenados sob refrigeração (4°C), adicionados de farinha de resíduo de acerola, como alternativa aos aditivos químicos. Foram elaborados hambúrgueres e divididos 05 grupos experimentais: a) controle negativo: sem adição de farinha ou antioxidante sintético; b) controle positivo: adição de antioxidante BHT; c) grupos tratamentos (três): adição da farinha de resíduo de acerola em substituição total e parcial da fécula de mandioca, na proporção de 2%, 1%; 0,5%. Posteriormente, foram submetidos a análises físico-químicas (pH e TBARS) realizadas no tempo 0 e a cada 2 dias durante 12 dias e avaliado a formulação com melhor desempenho para as análises posteriores (cor instrumental, percentual de metamioglobina, capacidade de retenção de água, composição química e análise microbiológica). A farinha obtida a partir do resíduo agroindustrial de acerola mostrou-se eficiente para promoção da estabilidade oxidativa quando aplicada nas proporções de 1% e 2%. Entretanto, a 1% mostrou-se mais eficaz em reduzir a oxidação lipídica tendo em vista que apresentou o menor valor de TBARS no final do armazenamento. O uso da farinha de acerola como antioxidante natural promoveu alteração na coloração dos hambúrgueres, entretanto, a composição química e capacidade de retenção de água dos hambúrgueres não foram afetadas, além de não apresentar capacidade antimicrobiana. Diante destes resultados pode-se afirmar que a farinha do resíduo agroindustrial da acerola pode ser considerada uma alternativa viável de antioxidante natural a ser utilizado em produtos cárneos.

**Palavras-chave:** antioxidantes naturais, produtos cárneos, oxidação lipídica.

## **ABSTRACT**

The meat products, due to the presence of lipids in their composition are prone to oxidation reactions. The addition of antioxidants is the most common practice to increase lipid stability in foods. However, research has shown that synthetic antioxidants present toxicity, necessitating the substitution of natural antioxidants. The acerola residue is considered a potential source of antioxidant. Therefore, the present study had as objective to evaluate the oxidative stability of beef hamburgers, stored under refrigeration (4°C), added with acerola residue meal, as an alternative to chemical additives. Burgers were formed and 05 experimental groups were divided: a) negative control: without addition of flour or synthetic antioxidant; b) positive control: addition of antioxidant BHT; c) treatment groups (three): addition of the acerola residue meal in total and partial substitution of cassava starch, in the proportion of 2%, 1%; 0.5%. The burgers were submitted to physical-chemical analysis (pH and TBARS) performed at time 0 and every 2 days for 12 days and the formulation with better performance was evaluated for the subsequent analyzes (instrumental color, metamioglobin percentage, water retention capacity, chemical composition and microbiological analysis). The flour obtained from the acerola agroindustrial residue proved to be efficient to promote oxidative stability when applied in proportions of 1% and 2%. However, 1% showed to be more effective in reducing lipid oxidation, since it presented the lowest TBARS value at the end of storage. The use of the acerola flour as a natural antioxidant promoted a change in the color of the hamburgers, however, the chemical composition and the water retention capacity of the hamburgers were not affected, besides not having antimicrobial capacity. In view of these results it can be stated that the acerola agroindustrial residue meal can be considered a viable alternative of natural antioxidant to be used in meat products.

**Key Words:** natural antioxidants, meat products, lipid oxidation.

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	10
<b>2 PROBLEMA DE PESQUISA E HIPÓTESE</b> .....	12
<b>3 REVISÃO DA LITERATURA</b> .....	13
3.1 Produtos cárneos .....	13
3.2 Hambúrguer.....	14
3.3 Oxidação lipídica em carnes .....	15
3.4 Cor da carne .....	17
3.5 Antioxidantes .....	19
3.6 Antioxidantes naturais .....	21
3.7 Resíduos agroindustriais .....	22
3.8 Acerola .....	24
<b>4 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	26
<b>CAPÍTULO 1: EFEITO DA ADIÇÃO DA FARINHA DO RESÍDUO AGROINDUSTRIAL DE ACEROLA SOBRE A QUALIDADE DE HAMBURGUERES DE CARNE BOVINA</b> .....	33
<b>Resumo</b> .....	33
<b>Abstract</b> .....	34
<b>INTRODUÇÃO</b> .....	35
<b>MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	37
<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	43
<b>CONCLUSÃO</b> .....	57
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	58

## 1 INTRODUÇÃO

A carne é considerada um alimento nobre de fundamental importância na alimentação humana, tanto pelo seu valor nutritivo quanto pelo sensorial. Na sua composição encontram-se proteínas de alto valor biológico, tendo em vista que são constituídas por aminoácidos essenciais, cuja digestibilidade é de 95 a 100%. Além deste macronutriente, contém ainda, gordura e teores significativos de vitaminas, especialmente as do complexo B, importantes minerais, particularmente o ferro heme, forma química altamente biodisponível. Sendo assim, a carne é um dos alimentos mais nutritivos consumidos pelo homem e tem papel importante na produção de energia, na síntese de novos tecidos orgânicos e na regulação dos processos fisiológicos (OLIVEIRA et al., 2008; PIGARRO e SANTOS, 2008; BECKER e KIEL, 2010).

Nos últimos anos em função do acelerado ritmo da vida moderna, especialmente nos grandes centros urbanos, o consumidor tem buscado por praticidade na sua alimentação. Nesta perspectiva, a indústria de alimentos oferece ao consumidor diversos produtos cárneos, dentre os quais, destaca-se o hambúrguer, tradicionalmente consumido em vários países (BORBA et al., 2013). Sendo assim, é esperado que estes produtos sejam suculentos, macios, possuam cor e sabor agradáveis, além de manter características de frescor durante toda a vida de prateleira (PEREIRA et al., 2009)

Entretanto, os produtos cárneos, em função da presença de lipídios em sua composição estão propensos a reações de oxidação, que pode ocorrer durante o processamento e o armazenamento. A oxidação lipídica é responsável por várias alterações em alimentos, além de desencadear a formação de sabores e odores desagradáveis, tornando-os impróprios para o consumo. Dentre as alterações destacam-se a degradação de vitaminas lipossolúveis e de ácidos graxos essenciais, comprometendo a qualidade nutricional do alimento, e a formação de compostos poliméricos potencialmente tóxicos, afetando, assim, a integridade e segurança do alimento (KARAKAIA, 2011, SHAH et al, 2014; DAS et al., 2012).

A adição de antioxidantes é a prática mais comum para aumentar a estabilidade dos lipídios em alimentos. Antioxidantes são substâncias utilizadas para preservar alimentos por meio do retardo da deterioração, rancidez e

descoloração, decorrentes da autoxidação (SELANI, 2010). Devido ao menor custo e sua eficiente ação, os aditivos mais utilizados na indústria são os antioxidantes de origem sintética. Contudo, pesquisas têm demonstrado que estes compostos apresentam toxicidade, impondo a necessidade de substituí-los por antioxidantes naturais. Neste cenário surgem os resíduos sólidos da agroindústria de frutos, constituídos principalmente por cascas e sementes, que ainda apresentam em sua constituição teores significantes de compostos biologicamente ativos que exibem propriedade antioxidante (AJILA et al., 2007). Dentre os compostos encontrados neste material, responsáveis pela ação antioxidante, destacam-se os fenólicos, que promovem diversos efeitos benéficos a saúde, em função de sua capacidade de inibir a oxidação das moléculas, evitando o início ou propagação das reações de oxidação em cadeia (GONZALEZ-AGUILAR et al., 2008)

Vale ressaltar que é bastante elevado o volume de resíduo agroindustrial gerado pela indústria processadora de frutos, material que ainda detém quantidade significativa de compostos bioativos. Estes resíduos sólidos, muitas vezes, não possuem um destino específico, e acabam tornando-se contaminantes ambientais e, conseqüentemente, gerando custos operacionais às empresas, pois necessitam de tratamento para o descarte (INFANTE et al., 2013; BABBAR et al., 2011). O resíduo de acerola é considerado uma fonte potencial de antioxidante, pois exhibe elevado teor de fenólicos totais e forte capacidade antioxidante (CAETANO et al, 2009; CAETANO et al, 2012).

Sendo assim, diante destas constatações, torna-se relevante estudar os efeitos da adição da farinha de resíduo de acerola sobre a qualidade de hambúrguer bovino. Desta forma, a presente pesquisa tem como objetivo avaliar a estabilidade de hambúrgueres de carne bovina, armazenados sob refrigeração, adicionados com farinha de resíduo de acerola, como alternativa aos aditivos químicos.

## **2 PROBLEMA DE PESQUISA E HIPÓTESE:**

Produtos cárneos são propensos à oxidação lipídica, impondo a necessidade de empregar aditivos antioxidantes. Entretanto, frente aos questionamentos sobre a inocuidade dos antioxidantes sintéticos, usualmente empregados pela indústria, se torna relevante substituí-los pelos naturais. Assim, surge o desafio de elaborar produtos macios, suculentos, com cor e sabor agradáveis, e estáveis durante toda a vida comercial, com menor custo (PEREIRA et al., 2009).

Os resíduos agroindustriais, materiais usualmente descartados, por conterem em sua composição compostos bioativos, muitos deles com propriedade antioxidante, tornam-se fonte de antioxidantes naturais que podem ser aplicados na indústria de alimentos. Dentre os resíduos gerados destaca-se o de acerola cuja propriedade antioxidante foi constatada por Caetano et al (2011). A farinha deste resíduo, além de ácido ascórbico e compostos fenólicos, substâncias com reconhecida propriedade antioxidante, apresenta ainda fibras alimentares. Alguns autores demonstraram que a adição de carboidratos, com destaque as fibras dietéticas, em formulações de hambúrgueres, propiciaram a obtenção de produtos com características físicas e sensoriais agradáveis ao consumidor, não obstante a redução de gordura na formulação.

Desta forma, a aplicação da farinha do resíduo agroindustrial da acerola em formulações de hambúrgueres de carne bovina propiciará a obtenção de um produto com características físicas de qualidade? A farinha adicionada, por conter compostos com propriedade antioxidante, promoverá a estabilidade oxidativa de hambúrgueres armazenados sob refrigeração?

### **HIPÓTESE**

A farinha do resíduo de acerola adicionada em hambúrgueres de carne bovina preservará a qualidade física e estabilidade oxidativa do produto armazenado sob refrigeração.

### 3 REVISÃO DA LITERATURA

#### 3.1 Produtos cárneos

Evidências arqueológicas indicam que os seres humanos têm utilizado produtos de origem animal, incluindo a carne, como fonte de alimentos por milhares de anos (DAMODARAN; PARKIN; FENNEMA, 2010). Contudo, apesar de desconhecer os microrganismos, o homem sabia que os alimentos se deterioravam caso não fossem consumidos rapidamente. Assim, como forma de ampliar a vida útil das carnes frescas, surgiu à necessidade de transformá-las em produtos cárneos (TERRA, 2006; ORDÓÑEZ PEREDA et al., 2005).

Consideram-se produtos e derivados cárneos aqueles alimentos preparados total ou parcialmente com carnes, miúdos ou gorduras e subprodutos comestíveis, procedentes de animais de abate e de outras espécies e, eventualmente, com ingredientes de origem vegetal ou animal, e com condimentos, especiarias e aditivos, desde que sejam autorizados pela legislação (ORDÓÑEZ PEREDA et al., 2005). Com o intuito de agregar valor, maximizar os lucros e minimizar as perdas, a indústria de carnes vem estudando e desenvolvendo novas tecnologias visando à utilização de todas as partes do animal. Isso inclui a implementação de métodos de reestruturação de carnes com aparas e cortes de baixo valor comercial para melhorar a aparência e textura do novo produto (FERREIRA et al., 2012).

Desta forma, o processo de reestruturação de carnes possibilita a elaboração de produtos cárneos de qualidade considerável e preços baixos, a partir de porções de carne com textura deficiente e de difícil comercialização (NASSARL et al., 2012). Entretanto, além da estabilidade do produto, a indústria busca produzir carnes reestruturadas que possam competir com músculos íntegros em relação às características sensoriais, como aparência, odor, sabor e textura, atributos importantes para aceitação pelo consumidor (FERREIRA et al., 2012). Esta tecnologia favorece a oferta de produtos de diferentes formas e tamanhos e, sobretudo, a possibilidade de incorporação de outros alimentos ou compostos que os tornam mais saudáveis, nutritivos e atrativos (MENDES, 2011).

A diversificação da oferta inclui um grande número de produtos como almôndegas, hambúrgueres, empanados, linguiças, mortadelas, salames, entre outros. Especial atenção tem sido dada a alimentos com menor tempo de preparo, preço acessível, sabor agradável, boa qualidade sensorial, microbiológica e nutricional, e também com menor teor de gordura (COSTA, 2004).

### 3.2 Hambúrguer

Dentre os produtos industrializados de carne, o hambúrguer é uma alternativa para o aproveitamento de carnes menos nobres. Os hambúrgueres congelados quase prontos para o consumo têm sido visto como hábito alimentar da população brasileira e seu consumo tem aumentado significativamente, em virtude de suas características sensoriais positivas, além de ser um produto de fácil preparo, com características nutricionais (lipídios, proteína de alto valor biológico, vitaminas e minerais) que agradam ao consumidor (QUEIROZ et al., 2005).

Segundo a Instrução Normativa nº 20, de 31 de julho de 2000, (BRASIL, 2000) entende-se por hambúrguer o produto cárneo industrializado obtido da carne moída de animais de açougue, adicionado ou não de tecido adiposo e ingredientes, moldado e submetido a processo tecnológico adequado. Este produto pode ser cru, semi-frito, cozido, frito, congelado ou resfriado. Ainda de acordo com Brasil (2000), os produtos classificados como hambúrgueres devem possuir como características físico-químicas percentual máximo de gordura de 23%, mínimo de proteína e carboidratos totais de 15% e 3%, respectivamente e teor máximo de cálcio (em base seca) de 0,1% no hambúrguer cru e 0,45% no cozido. Permite-se a adição máxima de 4% de proteína de origem não cárnea, e ainda a adição de água e outros ingredientes opcionais como: gordura animal ou vegetal, sal, leite em pó, açúcares, maltodextrina, aditivos intencionais, condimentos, aromas e especiarias, vegetais, queijos e outros recheios.

O alto teor de lipídeo presente na composição do hambúrguer é importante para conferir ao produto suculência, aroma, sabor e textura agradáveis (ANGOR; AL-ABDULLAH, 2010). Todavia, a ingestão de gordura

encontra-se relacionada ao aumento da prevalência da obesidade e de outras doenças crônicas degenerativas não transmissíveis (BASTOS et al., 2014).

Na perspectiva de reduzir os riscos à saúde da população, as organizações de saúde têm alertado a indústria de alimentos para desenvolver produtos com reduzido teor de gordura (WEISS, et al., 2010). Neste sentido, alguns estudos têm reportado que a adição de carboidratos, como amido e fibra dietética melhora as características física e sensorial de produtos cárneos com baixo teor de gordura. BASTOS et al. (2014) desenvolveram formulações de hambúrguer contendo farinha de aveia, farinha da polpa de banana verde, farinha de casca de banana verde e de casca de maçã em substituição a gordura e evidenciaram que estes ingredientes não depreciaram a qualidade do produto. Hambúrgueres contendo concentrado de fibra de ervilha e de trigo, em substituição a gordura, apresentaram boas propriedades físicas, sem alterar as características sensoriais do produto (BESBES et al, 2008).

Todavia, as indústrias alimentícias, além do desafio de ofertar produtos cárneos, macios, suculentos, com cor e sabor agradáveis e seguros do ponto de vista microbiológico, as características de frescor desses produtos devem permanecer estáveis durante todo o período de armazenamento (PEREIRA et al., 2009). A composição química dos produtos cárneos os tornam propensos à oxidação lipídica, reação que pode ocorrer tanto no processamento como no armazenamento (BRASIL, 2000).

### 3.3 Oxidação lipídica em carnes

Carnes e produtos cárneos são susceptíveis a alterações físico-químicas, como a oxidação lipídica, e alterações microbiológicas, devido ao teor de umidade, lipídeos e proteínas em sua composição. Os lipídeos, em especial, são importantes componentes dos produtos cárneos, por conferir características sensoriais desejáveis, uma vez que agregam sabor ao produto. Por outro lado, por serem facilmente oxidáveis, propiciando a produção de substâncias indesejáveis, que compromete a validade e qualidade do produto final (LAHUCKY et al., 2010; KARAKAIA et al, 2011). O processo oxidativo promove alterações que afetam a qualidade nutricional, a integridade e a segurança dos alimentos, pois degradam ácidos graxos essenciais, proteínas e

vitaminas lipossolúveis além de formar compostos polímeros potencialmente tóxicos, tornando-os impróprios para o consumo. (FASSEAS et al., 2007).

A oxidação lipídica ocorre mais rapidamente em carnes e produtos cárneos picados ou moídos devido a grande exposição das membranas lipídicas aos íons metálicos, catalisadores da reação. Além disso, a ruptura das células propicia a interação de pró-oxidantes com os ácidos graxos insaturados, resultando na formação de radicais livres e produção de aldeídos responsáveis pelo desenvolvimento do sabor rançoso e pelas mudanças na cor da carne (FASSEAS et al., 2007; DEVATKAL et al., 2010). As alterações na coloração da carne tanto podem ser provocadas pela oxidação lipídica, como, também, podem levar a ela, uma vez que são processos interdependentes. Ou seja, os radicais livres formados no processo de oxidação lipídica da carne podem oxidar o átomo de ferro ou desnaturar a molécula de mioglobina, resultando em alteração da cor, ou a oxidação do pigmento pode catalisar a oxidação lipídica (ANDERSEN et. al., 2003; SHAH et al., 2014).

A ingestão de alimentos oxidados representa risco a saúde do consumidor, por conterem cetonas, aldeídos, alcoóis e hidrocarbonetos, substâncias tóxicas resultantes da oxidação lipídica. Esses compostos podem provocar degeneração hepática e renal e distúrbios nos níveis séricos de diversas enzimas. Os aldeídos gerados combinam-se com diversas moléculas no organismo, provocando modificação de proteínas, lipídeos e carboidratos. Além desse efeito, produtos cárneos tem em sua composição o colesterol, um lipídeo insaturado e instável, portanto sujeito a oxidação e formação de óxidos de colesterol, que também apresenta efeito tóxico, com ação citotóxica, aterogênica, mutagênica e carcinogênica (OLIVO; SANTOS; FRANCO, 2006; SELANI, 2010).

A deterioração da carne é um processo dinâmico no qual ocorrem diversas alterações e fenômenos complexos, sendo, portanto, de difícil controle. A oxidação dos lipídeos e do pigmento da mioglobina, considerada uma das principais causas da deterioração de carnes e seus derivados (SHAH et al, 2014).

### 3.4 Cor da carne

A coloração dos produtos cárneos é um atributo que influencia a aceitação visual do consumidor final, uma vez que a decisão de compra é influenciada mais pela aparência do produto do que por qualquer outro fator de qualidade. A coloração da carne é um indicativo de frescor (BISWAS et al., 2012). Desta maneira, a indústria alimentícia e as pesquisas que envolvem os produtos cárneos avaliam as alterações de cor sofridas por este produto ao longo do seu armazenamento e o impacto que a descoloração superficial causa na decisão de compra do consumidor. Como resultado, cerca de 15% da carne de varejo recebe desconto no preço devido a descoloração superficial, o que representa perdas anuais de receita por volta de 1 bilhão de dólares (TAPP III et al., 2011; MANCINI, HUNT, 2005).

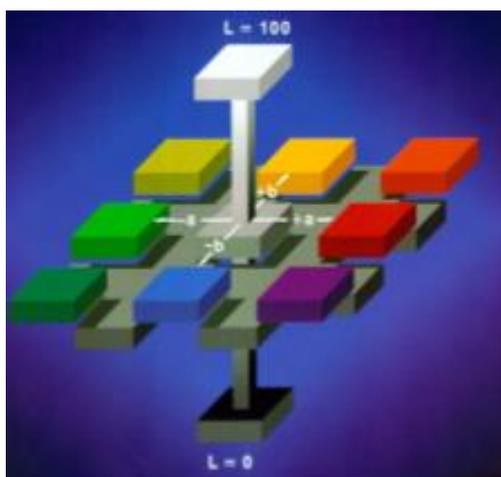
Os pigmentos presentes na carne são constituídos, principalmente, por duas proteínas: a hemoglobina, pigmento presente no sangue, e a mioglobina, pigmento dos músculos. A mioglobina é formada por uma porção protéica, denominada globina (proteína globular) e uma porção não-protéica, denominada de “anel heme”. A porção heme do pigmento é importante na determinação da cor da carne, uma vez que esta depende parcialmente do estado químico do ferro presente neste anel. O ferro no estado oxidado (íon férrico) é incapaz de reagir com outras moléculas, enquanto que na forma reduzida (íon ferroso) reage rapidamente com água e oxigênio molecular (FRANCO; LANDGRAF, 1996).

A cor das carnes frescas é definida pela quantidade relativa de três formas de mioglobina: mioglobina em seu estado reduzido (Mb) de cor vermelho púrpura, oximioglobina (O<sub>2</sub>Mb) de cor vermelho brilhante e metamioglobina (MetMb) com a molécula de ferro oxidada (Fe<sup>3+</sup>), de cor marrom (ALEN; CORNFORTH, 2010). A oxidação lipídica promove a modificação da cor das carnes, uma vez que o pigmento oximioglobina, de coloração vermelho brilhante é transformado em metamioglobina, tornando a carne marrom-acinzentada. O pigmento oxidado pode catalisar a oxidação lipídica, assim como, os radicais livres produzidos durante esse processo podem oxidar o átomo de ferro ou desnaturar a molécula de mioglobina, alterando a cor do produto cárneo (JAKOBSEN; BERTELSEN, 2000; LYNCH;

FAUSTMAN, 2000). Essa mudança pode ser observada visualmente, e muitas vezes, é considerada pelos consumidores como indicador de carne não fresca (ALEN; CORNFORTH, 2010)

As medidas instrumentais de cor da carne fresca têm demonstrado estreita relação com a sua palatabilidade, sendo utilizado como instrumento de análise pelas empresas que comercializam produtos cárneos. O Sistema *CIELab* ( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ) foi desenvolvido para caracterização a cor de maneira objetiva, onde uma cor particular tem uma única localização, especificada numericamente em um espaço tridimensional esférico, definido por três eixos perpendiculares; o eixo  $L^*$ , situado no eixo vertical do diagrama de Hunter (figura 01), mede a luminosidade ou o percentual de reflectância, variando de 0 (preto) até 100 (branco); o valor de  $a^*$ , situado no eixo horizontal, mede a variação entre a cor vermelha ( $+a^*$ ) e a verde ( $-a^*$ ) e o valor de  $b^*$  mede a variação entre o amarelo ( $+b^*$ ) e o azul ( $-b^*$ ). Uma variedade de fatores afeta as leituras instrumentais de cor das amostras de carne. Por definição, a fonte luminosa (fonte de luz) utilizada tem efeito sobre os valores de medição de cor de uma amostra. Iluminantes C e D65, tem uma maior semelhança com a luz do dia, e por esta razão são os mais utilizados em artigos científicos (TAPP III et al., 2011).

**Figura 01: Diagrama de Hunter**



Fonte: Pereira (2002)

A cor observada na superfície das carnes é o resultado da absorção seletiva pela mioglobina, provocada pela distribuição da luz que emerge da carne (OLIVO et al. 2006). O valor  $L^*$  pode ser utilizado para caracterizar a

condição PSE da carne, uma vez que os valores de pH e de  $L^*$  são correlacionados inversamente, ou seja, quanto maior o valor de  $L^*$ , menor será o pH e vice-versa (OLIVO et al., 2006).

A adição de antioxidantes tem-se mostrado efetiva na preservação da cor, redução da oxidação lipídica e conseqüentemente na obtenção de produtos cárneos com maior vida de prateleira (DESCALZO; SANCHO, 2008). A estabilidade oxidativa da carne depende do equilíbrio entre antioxidante e composição dos substratos de oxidação, incluindo ácidos graxos poliinsaturados, colesterol, proteínas e pigmentos (WEBER, 2012). Medidas de controle para a minimização da oxidação lipídica devem ser sempre aplicáveis, como a remoção do oxigênio, inativação das enzimas, proteção contra a luz e íons metálicos, ou a adição de antioxidantes (BRUM, 2009).

### 3.5 Antioxidantes.

Segundo o FDA (Food and Drug Administration), os antioxidantes são substâncias utilizadas para preservar e estender a vida útil dos alimentos, pois retardam a deterioração, rancidez e a descoloração devido à autooxidação. O efeito antioxidante consiste em inativar os radicais livres, absorver oxigênio e quelar íons metálicos (ARAÚJO, 2008). Becker et al. (2004) define antioxidantes como uma substância que em pequena quantidade é capaz de prevenir ou retardar grandemente a oxidação de materiais facilmente oxidáveis, como as gorduras.

O mecanismo de ação de uma substância antioxidante pode ocorrer de formas diversas: ligando-se competitivamente ao oxigênio, retardando a etapa de iniciação, e/ou interrompendo a etapa de propagação pela destruição ou ligação dos radicais livres ou pela inibição dos catalisadores e estabilização de hidroperóxidos. O antioxidante pode agir nas membranas celulares e/ou nos alimentos utilizando mecanismos diversos: (1) sequestro dos radicais livres, evitando o início do processo de oxidação; (2) inativação de íons metálicos; (3) remoção de espécies reativas ao oxigênio; (4) sequestro de oxigênio singlete; (5) destruição de peróxidos e prevenção da formação de radicais; e (6) remoção e/ou redução da concentração do oxigênio local (RAMALHO; JORGE, 2006).

A aplicação de antioxidantes em alimentos deve atender aos seguintes critérios: ser efetivo em baixa concentração (0,01% ou menos); ser compatível com o substrato; não conferir odor ou sabor estranho ao produto; ser efetivo durante o período de estocagem do produto; ser estável ao processo de aquecimento e ser facilmente incorporado ao alimento (RAFECAS et al., 1998 SELANI, 2010).

Os antioxidantes sintéticos mais comumente utilizados pela indústria de alimentos são BHA (Butilhidroxianisal), BHT (Butilhidroxitolueno), TBHQ (Terc-butil-hidroquinona) e PG (Propil galato). Varias regulamentações existem em diferentes países para o controle da quantidade destes antioxidantes em alimentos (BABBAR et al., 2011, KARRE et al., 2013). O TBHQ não é permitido no Canadá e na Comunidade Econômica Europeia, mas é aprovado em diversos outros países, no Brasil o Ministério da Saúde limita 200mg/kg para os produtos com óleos e gorduras (BRASIL, 1998). O Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), não permite o uso do TBHQ em carnes e produtos cárneos (MAPA, 2006). O BHA, BHT e PG também deve ser utilizado de forma restritiva em diversos países. Nos Estados Unidos, por exemplo, a dose permitida de BHA, BHT e PG para aplicação em óleos e gorduras é de 200, 200 e 150 mg/kg respectivamente. Em países da Europa, o limite é ainda menor, a Dinamarca limita o uso de BHA, BHT e PG, em 100, 100 e 50mg/kg respectivamente. No Brasil, em óleos e gorduras esses antioxidantes são permitidos em dosagens de 200mg/kg para BHA, 100mg/kg para BHT e 100mg/kg para PG; e em produtos cárneos o limite permitido é de 100mg/kg para ambos, BHT e BHA (CAMPOS; TOLEDO, 2000; COPPEN, 1994; MAPA, 2006; RAMALHO; JORGE, 2006).

Vale ressaltar, ainda, que no Brasil não há um controle específico para verificar se os produtos industrializados atendem o limite máximo permitido pela legislação, ocasionando, possivelmente, maior consumo diário desses antioxidantes no país. Campos e Toledo (2000) investigaram a quantidade de antioxidantes BHA, BHT e TBHQ em diferentes amostras de óleo de soja e milho, gordura vegetal hidrogenada, margarina, creme vegetal e halvarina no mercado da região de Campinas, São Paulo. O estudo demonstrou que a maioria das amostras analisadas apresentou quantidades de antioxidantes dentro dos níveis máximos estabelecidos pela legislação. Entretanto, em dois

lotes de uma das três marcas de gordura vegetal avaliadas, os antioxidantes ultrapassaram em aproximadamente 30% o limite máximo permitido (100mg/kg).

Vale ressaltar que alguns estudos demonstraram que o consumo de antioxidantes sintéticos durante anos, mesmo em quantidades regulamentadas, promove efeito acumulativo que pode se somar a diversos outros fatores causadores das doenças crônicas não transmissíveis (DCNT's) (SILVA et al., 2012b; AYALA-ZAVALA et al., 2011; SOUZA et al., 2011a; SOUZA et al., 2011b; ALOTHMAN et al., 2009).

Frente a estas constatações, uma série de pesquisas vem sendo desenvolvidas com vistas a identificar compostos com ação antioxidante provenientes de fontes naturais, bem como, avaliar o seu potencial na estabilidade oxidativa de diversos produtos como alternativas para prevenir a deterioração oxidativa de alimentos e limitar o uso dos antioxidantes sintéticos e averiguar associação entre os antioxidantes naturais e os benefícios a saúde do consumidor (SILVA et al., 2012b; AYALA-ZAVALA et al., 2011; BABBAR et al., 2011; ALOTHMAN et al., 2009; MELO; KARRE et al., 2013).

### 3.6 Antioxidantes naturais

Os antioxidantes naturais, presentes em frutas e vegetais, mostram evidências que podem atuar em benefício da saúde, devido à presença de compostos fenólicos, que estão associados com a atenuação de doenças cardiovasculares e prevenção do câncer e, ajudam o corpo humano a se proteger contra os danos causados pelas espécies reativas ao oxigênio, associadas com doenças degenerativas (SHAHIDI; NACZK, 2005; HUR; PARK; JOO, 2007). Os vegetais são fontes ricas em antioxidantes naturais como tocoferóis, vitamina C, carotenoides e compostos fenólicos. A utilização dos antioxidantes naturais tem como vantagens a aceitação imediata do consumidor e sua utilização não são limitadas pela legislação (OLIVEIRA, 2011, TAYEL, EL-TRAS, 2012).

Vários estudos têm demonstrado que antioxidantes naturais obtidos a partir de frutas, legumes, ervas e especiarias reduzem a oxidação lipídica em carnes durante a sua estocagem (HUANG et al, 2011; DAS et al, 2012;

WOJCIAK et al., 2011). Shirahigue et al., 2010 e Brannan, 2008 relatam que extratos da casca e das sementes de uva são eficientes em reduzir a oxidação lipídica em carne de frango armazenada sob refrigeração. Milani et al. (2010) verificaram a eficiência de extratos hidroetanólicos obtidos de 2 cultivares de caqui em inibir a oxidação da carne de frango submetida à moagem, adicionada de NaCl e tratada termicamente. Farinha de goiaba verde empregada em nuggets de carne ovina, como fonte de antioxidante, promoveu o retardo da oxidação lipídica, sem altera as características de qualidade do produto (VERMA et al., 2013).

Neste contexto, surgem como fonte de antioxidantes naturais, os resíduos agroindustriais de frutas e hortaliças, estes poderiam ser empregados em substituição aos antioxidantes sintéticos, colaborando para fins de segurança alimentar e agregando valor aos subprodutos. Além disso, sua utilização permite reduzir a quantidade de resíduos descartada no ambiente (INFANTE et al., 2013).

### 3.7 Resíduos agroindustriais

O aumento crescente das indústrias vem refletindo diretamente no consumo dos recursos naturais do planeta, como resultado, a humanidade está utilizando 20% a mais de recursos naturais do que o planeta é capaz de repor, com isso está avançando nos estoques naturais da Terra (PRADO FILHO, 2002). Desta forma as empresas vêm sofrendo uma crescente pressão em serem mais cuidadosas e responsáveis na utilização destes recursos e na produção e destino dos subprodutos decorrentes do processamento (LEITE; PAWLOWSKY, 2005).

Sendo assim, para atender as demandas mundiais, no tocante ambiental, em particular no que se refere a emissão de poluentes e consumo de recursos hídricos e energéticos as empresas têm realizado mudanças nas tecnologias e demonstrado preocupação quanto a utilização dos recursos gerados no processamento (FELLOWS, 2006).

A agroindústria brasileira no ano de 2005 foi responsável por 28% do PIB nacional (GUILHOTO et al., 2007). Além disto, o Brasil é também um dos maiores produtores mundiais neste setor. Considerando-se o valor da produção

agropecuária dos países, no ano de 2011, a produção brasileira perde apenas para a europeia e americana (COSTA et al., 2013). Desta forma, pode-se considerar o Brasil um importante gerador de resíduos agroindustriais.

Resíduos agroindustriais de frutas são constituídos principalmente por cascas, sementes e bagaço e advêm do processamento (INFANTE et al., 2013). De acordo com Bártholo (1994), após o processamento das frutas para elaboração de sucos e polpas, são obtidos 40% de resíduos para frutas como maracujá, manga, acerola e caju. As indústrias brasileiras processadoras de frutas tropicais, destaca-se as concentradas na Região Nordeste do país, que processam acerola para obtenção de suco e polpa. Segundo a ASTN e APEX (2003) cerca de 34,40 mil toneladas são processadas por ano, montante equivalente a 7,16% do total de frutas processadas, produzindo 18 mil toneladas de suco e polpa desta fruta. Com base nesses dados pode-se ter dimensão da quantidade exorbitante de resíduo gerado com o processamento. Sabe-se que, muitas vezes, estes resíduos não possuem um destino específico, tornando-se contaminantes ambientais e, conseqüentemente, gerando custos operacionais as indústrias, uma vez que se faz necessário um tratamento adequado para o descarte (INFANTE et al., 2013).

Entretanto, o processamento é uma alternativa importante na conservação e aproveitamento de frutas, devido a alta perecibilidade, em sua grande maioria, resultando em produtos como sucos, néctares, polpas, geléias e doces. Desta maneira, o processamento colabora com o aumento da vida útil, além de facilitar o transporte e agregar valor ao produto (INFANTE et al., 2013).

Sendo assim, em face a necessidade de aplicação de tecnologias para conservação de produtos agrícolas e ao baixo desempenho ambiental das medidas adotadas pela indústria com relação aos resíduos agroindustriais, emergiram o desenvolvimento de soluções mais efetivas, voltadas a utilização e aplicação desse tipo de material utilizando suas propriedades antioxidantes para a produção de novos produtos (AYALA-ZAVALA et al., 2011).

Dentre os resíduos destaca-se o de acerola cuja propriedade antioxidante foi constatada por Caetano et al (2009), pois exhibe elevado teor de fenólicos totais e forte capacidade antioxidante e é gerado em larga escala no país, principalmente na Região Nordeste.

### 3.8 Acerola

A aceroleira (*Malpighia glabra* L.), planta originária da América Central e Norte da América do Sul, foi difundida pelos espanhóis durante o período de colonização. Em 1955, foi introduzida na região Nordeste, mais especificamente no Estado de Pernambuco através da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), a partir de sementes trazidas de Porto Rico (MARINO NETTO, 1986). Nos anos 80, a UFRPE patrocinou e desenvolveu uma campanha de conscientização sobre os valores nutricionais e as possibilidades de uso da acerola. Provavelmente a maioria das mudas plantadas no Brasil tenham sido geradas a partir daquelas primeiras matrizes (CHAVES et al., 2004).

Os frutos são uma drupa de superfície lisa ou dividida em três gomos, com tamanhos variados de 3 a 6 cm de diâmetro, é uma fruta delicada com polpa carnosa e suculenta, sua coloração externa, quando madura, varia do alaranjado ao vermelho intenso (GOMES et al., 2002). A acerola possui alto teor de vitamina C, o consumo de 3 unidades por dia satisfaz as recomendações diárias para um adulto e por esta razão conquistou importância mundial. Além disso, apresenta quantidades de tiamina, riboflavina, niacina, sais minerais, principalmente ferro, de cálcio e de fósforo (MEZQUITA; VIGOA, 2000).

A acerola possui em sua composição química os seguintes nutrientes (por kg de fruto): Hidratos de carbono (35,7-78 g), proteínas (2,1-8 g), lipídeos (2,3-8 g), fósforo (171 mg), cálcio (117 mg), ferro (2,4 mg), piridoxina (87 mg), riboflavina (0,7 mg), tiamina (0,2 mg), água (906-920 g) e fibras dietéticas (30g) (MEZADRI et al, 2006; FAO, 2007). Recentemente, muita atenção tem sido dada ao seu conteúdo em carotenoides e bioflavonoides devido a suas propriedades antioxidantes (MEZQUITA; VIGOA, 2000). O betacaroteno é o carotenoide encontrado em maior quantidade nesse fruto e representa entre 40 e 60% dos carotenoides totais. Em relação aos flavonoides o principal componente são as antocianinas (37,9 - 597,4 mg/kg) e flavonóis (70-185 mg/kg) (LIMA et al., 2003).

Tendo em vista a rica composição nutricional da acerola e sua importante capacidade antioxidante constatada por Caetano et al (2009), torna-se relevante a utilização do resíduo agroindustrial desta fruta para aplicação em produtos cárneos como uma alternativa viável de antioxidante natural, em substituição, total ou parcial aos antioxidantes sintéticos.

#### 4 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALOTHMAN, M.; BHAT, R.; KARIM, A. A. Antioxidant capacity and phenolic content of select tropical fruits from Malaysia, extracted with different solvents. **Food Chemistry**, Barking, v. 115, n. 3, p. 785-788, 2009.

ANGOR, M.M; AL-ABDULLAH, B. M. Attributes of low-fat beef burgers made from formulations aimed at enhancing product quality. **Journal of Muscle Foods**. n. 21, p. 317–326, 2010.

AOAC. Association of Official Analytical Chemist International. **Official Methods of Analysis of AOAC International**. 18.ed. Gaithersburg (MD), 2002.

AOAC. Association of Official Analytical Chemist International. **Official Methods of Analysis of AOAC International**. 17.ed. Gaithersburg (MD), 1170p. 2000.

ARAÚJO, J. M. A. **Química de alimentos: teoria e prática**. 4. ed. atual. e ampl. Viçosa: UFV- Universidade Federal de Viçosa, 2008. 596p.

AYALA-ZAVALA, J. F.; VEJA-VEJA, V.; ROSAS-DOMÍNGUEZ, C.; PALAFOX-CARLOS, H; VILLA-RODRIGUEZ, J. A.; SIDDIQUI, M. D. W.; DÁVILA-AVIÑA, J. E.; GONZÁLEZ-AGUILAR, G. A. Agro-industrial potencial of exotic fruit by products as a source of food additives. **Food Research International**, Amsterdam, v. 44, n. 7, p. 1866-1874, 2011.

BABBAR, N.; OBEROI, H.S.; UPPAL, D.S.; PATIL, R.T. Total phenolic content and antioxidant capacity of extracts obtained from six important fruit residues. **Food Research International**, Amsterdam, v. 44, n. 1, p. 391-396, 2011.

BASTOS, S.C.; PIMENTA, M.E.S.G.; PIMENTA, C.J.; REIS, T.A.; PINHEIRO, A.C.M.; FABRÍCIO, L.F.F.; LEAL, R.S. Alternative fat substitutes for beef burger technological and sensory characteristics. **Journal Food Science Technology**. N. 51, v. 9, p. 2046 – 2053, 2014.

BECKER, E. M.; NISSEN, L. R.; SKIBSTED, L. H. Antioxidant evaluation protocols: Food quality or health effects. **European Food Research and Technology**, Berlin, v. 219, p. 561–571, 2004.

BESBES, S.; HAMADI ATTIA, C.D.; SAKANDER, M.; BLECKER, C. Partial replacement of meat by pea fiber and wheat fiber: effect on the chemical composition, cooking characteristics and sensory properties of beef burgers **Journal of Food Quality**. Belgium. n. 31,p. 480–489, 2008.

BRANNAN, R.G. Effect of grape seed extract on phisicochemical properties of ground, salted, chicken thigh meat during refrigerated storage at different relative humidity levels. **Jornal of food science**, Oxon, v. 73, n. 1, p. C36-C40. Jan/ Fev, 2008.

BRASIL. Ministério da Agricultura e Pecuária. Secretaria Nacional de Defesa Agropecuária. Laboratório Nacional de Referência Animal (LANARA). **Portaria nº 01, de 07 de outubro de 1981**. Métodos Analíticos oficiais de controle de produtos de origem animal e seus ingredientes. Brasília, 1981

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa Nº 20, de 21 de julho de 1999. Oficializa os métodos analíticos físico-químicos, para controle de produtos cárneos e seus ingredientes - sal e salmoura. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 27 de julho de 1999.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa e Agropecuária. Instrução Normativa Nº 20, de 31 de julho de 2000. Aprova os regulamentos técnicos de identidade e qualidade de almôndega, de apresuntado, de fiambre, de hambúrguer, de kibe, de presunto cozido e de presunto. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 03 de agosto de 2000.

BRASIL. Ministério da Saúde, Agência Nacional de Vigilância Sanitária – ANVISA. **Portaria nº 1004, de 11 de dezembro de 1998**. Atribuição de funções de aditivos, aditivos e seus limites máximos de uso para a categoria 8 – carnes e produtos cárneos. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 14 de dezembro de 1998.

BRASIL. Resolução RDC nº 12, de 2 de Janeiro de 2001. Aprova o regulamento técnico sobre padrões microbiológicos para alimentos. Brasília, 2001.

BRUM, F. B.; MACAGNAN, F. T.; MONEGO, M. A.; KAMINSKI, T. A.; SILVA, L. P. Aplicação de ácido fítico em produto cárneo tipo hambúrguer. **Revista do Instituto Adolfo Lutz**, São Paulo, v. 70, n. 1, p. 47-52, 2011.

CAMPOS, G. C. M.; TOLEDO, M. C. F. Determinação de BHA, BHT e TBHQ em óleos e gorduras por cromatografia líquida de alta eficiência. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, v. 3, p. 65-71, 2000.

COSTA, C. C.; GUILHOTO, J. J. M.; IMORI, D. Importância dos setores agroindustriais na geração de renda e emprego para a economia brasileira. **Rev. Econ. Sociol. Rural**. v.51, n.4, Brasília, Oct./Dec. 2013.

COPPEN, P. P. The use of antioxidants. In: ALLEN, J. C.; HAMILTON, R. J. **Rancidity in food**. 3. Ed. UK: Chapman & Hall, 1994. Cap. 5, p. 85-103. DAMODARAN, S.; PARKIN, K. L.; FENNEMA, O. R. **Química de Alimentos de Fennema**. Porto Alegre: Artmed, 2010. 900p.

DAS, A. K., RAJKUMAR, V., VERMA, A. K., SWARUP, D. Moringa oleifera leaves extract: a natural antioxidant for retarding lipid peroxidation in cooked goat meat patties. **International Journal of Food Science and Technology**, 47, 585-591, 2012.

FELLOWS, P. J. **Tecnologia de processamento de alimentos: princípios e práticas**. 2ed. Porto Alegre: Artmed, 2006. P. 19-21.

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

FERREIRA, M. S.; MÁRSICO, E. T.; MEDEIROS, R. J.; POMBO, C. R.; FREITAS, M. Q.; SÃO CLEMENTE, S. C.; CONTE-JUNIOR, C. A. Comparação das características físico-químicas e sensoriais de hambúrgueres de carne bovina elaborados com cloreto de sódio, polifosfato e transglutaminase. **Revista Brasileira de Medicina Veterinária**, v. 34, n. 1, p. 52-60, 2012.

GÁMBARO, A; FISZMAN, S; GIMÉNEZ, A; VARELA, P; SALVADOR, A. **Consumer Acceptability Compared with Sensory and Instrumental Measures of White Pan Bread: Sensory Shelf-life Estimation by Survival Analysis**. Sensory and Nutritive Qualities of Food, 2004.

GONZALEZ-AGUILAR, G.; ROBLES-SANCHEZ, R.M.; MARTÍNEZ-TELLEZ, M.A; OLIVAS, G.I.; ALVAREZ-PARILLA, E.; ROSA, L.A. Biocative compounds in fruits: health benefits and effect of storage conditions. **Stewart Postharvest Review**, Quebec, v.4, n.3, p. 1-10, 2008.

HUANG, B., HE, J., BAN, X., ZENG, H., YAO, X., WANG, Y. Antioxidant activity of bovine and porcine meat treated with extracts from edible lotus (*Nelumbo nucifera*) rhizome knot and leaf. **Meat Science**, 87, 46-53, 2011.

INFANTE, J.; SELANI, M.M.; TOLEDO, N.M.V.; SILVEIRA-DINIZ, M.F.; ALENCAR, S.M.; SPOTO, M.H.F. Atividade antioxidante de resíduos agroindustriais de frutas tropicais. **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v.24, n. 1, p. 87-91, 2013.

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

KARAKAYA, M., BAYRAK, E., ULUSOY, K. Use of natural antioxidants in meat and meat products. **Journal of Food Science and Engineering**, v.1, p. 1-10, 2011.

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

LAHUCKY, R., NUERNBERG, K., KOVAC, L., BUCKO, O., NUERNBERG, G. Assessment of the antioxidant potential of selected plant extracts – In vitro and in vivo experiments on pork. **Meat Science**, 85, 779-784, 2010.

LEITE, B. Z.; PAWLOWSKY, U. Alternativas de minimização de resíduos em uma indústria de alimentos da região metropolitana de Curitiba. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, Rio de Janeiro, v. 10, n. 2, p. 96-106, 2005

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

MEZADRI, T.; PEREZ-GALVEZ, A.; HORNERO-MENDEZ, D. Carotenoid pigments in acerola fruits (*Malpighia emarginata* DC.) and derived products. **European Food Research Technology** 220, 63–69, 2006.

MELO, E. A.; GUERRA, N. B. Ação antioxidante de compostos fenólicos naturalmente presentes em alimentos. **Boletim da Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 36, n. 1, p. 1-11, 2002.

MENDES, T. F. **Optimização de Produtos Reestruturados de Carne de Perna de Borrego**. 2011. 97p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Alimentar) – Instituto Superior de Agronomia, Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa, 2011.

MUTHUKUMAR, M.; NAVEENA, B. M.; VAITHIYANATHAN, S.; SEM, A. R.; SURESHKUMAR, K. Effect of incorporation of Moringa oleifera leaves extract on quality of ground pork patties. **J Food Sci Technol**, n. 51, v. 11, P. 3172–3180, nov. 2014.

NASSARL, M. P. M.; ALMEIDA, V. C. N.; RODRIGUES, V. P.; LEONARDO, L.; AKL, E. R. Reestruturados e empanados (*nuggets*) de carne bovina: estudo da aceitação sensorial por alunos na alimentação escolar no município de Barretos, SP. **Ciência e Cultura – Revista Científica Multidisciplinar do Centro Universitário da FEB**, v. 8, n. 1, p. 65-74, 2012.

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

OLIVO, R.; SANTOS, M. N.; FRANCO, F. O. Carne de frango e nutrição. In: OLIVO, R. et al. **O mundo do frango**. São Paulo: Rubison Olivo, 2006. cap 55, p 672-673.

ORDÓÑEZ PEREDA, J. A.; CAMBERO RODRÍGUEZ, M. I.; FERNÁNDEZ ÁLVARES, L.; GARCIA SANZ, M. L. (Org.). **Tecnologia de alimentos: Alimentos de origem animal**. Porto Alegre: Artmed, v.2, 2005. 279 p.

PEREIRA, M.G.; TERRA, N.N.; KUBOTA, E.H. **Aplicação de antioxidantes naturais em carne mecanicamente separada (CSM) de aves**. 2009. 128f. Dissertação (Mestrado em Ciencia e Tecnologia de Alimentos) – Centro de Ciencias Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, 2009.

PRADO FILHO, H.R. do. Os negócios da água e do lixo. *Banas Qualidade – gestão, processos e meio ambiente*, São Paulo, ano XI, nº 123, p. 75-78, agosto 2002.

QUEIROZ, Y. U.; DAUD, K. O.; SOARES, R. A. M.; SAMPAIO, G. R.; CAPRILES, V. D.; TORRES, E. A. F. S. Desenvolvimento e avaliação das propriedades físicoquímicas de hambúrgueres com reduzidos teores de gordura e de colesterol. **Revista Nacional da Carne**, v. 338, p. 84-89, 2005.

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

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

SHAH, M. A., BOSCO, S. J. D., MIR, S. A. Plant extracts as natural antioxidants in meat and meat products. **Meat Science**, 98, 21–33, 2014.

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

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

TAYEL, A. A., EL-TRAS, W. F. Plant extracts as potent biopreservatives for Salmonella typhimurium control and quality enhancement in ground beef. **Journal of Food Safety**, 32, 115-121, 2012.

TERRA, N. N. **Apontamentos de tecnologia de carnes**. São Leopoldo: Unisinos, 1998. 216 p.

TERRA, N. N. Fermentação Cárneas: Princípios e Inovações. In: SHIMOKOMAKI, M. et al. **Atualidades em Ciência e Tecnologia dos Alimentos**. São Paulo: Livraria Varela, p. 29-36. 2006.

VYNCKE, W. Direct determination of the TBA value in trichloroacetic acid extract of fish as a measure of oxidative rancidity. **Fette Seifen Anstrichmittel**, Jahrgang, v. 72, n. 12, p. 1984-1987, 1970.

WEBER, C. I. Extração de fitase endógena de farelo de arroz integral sua aplicação na produção de ingrediente com baixo teor de ácido fítico e avaliação da adição em dietas para frangos de corte. 2012. 103f. Tese (Doutorado em Ciência de Alimentos) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, PR, 2012.

WEISS, J.; GIBIS, M.; SCHUH, V.; SALMINEN, H. Advances in ingredients and processing systems for meat and meat products. **Meat Science**. Germany. N.86, p. 196-213, 2010.

WOJCIAK, K. M., DOLATOWSKI, Z. J., OKON, A. The effect of water plant extracts addition on the oxidative stability of meat products. **Acta Scientiarum Polonorum Technologia Alimentaria**, 10, 175 – 188, 2011.

## **CAPÍTULO I**

## EFEITO DA ADIÇÃO DA FARINHA DO RESÍDUO AGROINDUSTRIAL DE ACEROLA SOBRE A ESTABILIDADE DE HAMBURGUERES DE CARNE BOVINA

### Resumo

Os produtos cárneos, em função da presença de lipídios em sua composição estão propensos a reações de oxidação. A adição de antioxidantes é a prática mais comum para aumentar a estabilidade dos lipídios em alimentos. Contudo, pesquisas têm demonstrado que os antioxidantes sintéticos apresentam toxicidade, impondo a necessidade de substituí-los por naturais. O resíduo de acerola é considerado uma fonte potencial de antioxidante. Sendo assim, o presente estudo teve como objetivo avaliar a estabilidade oxidativa de hambúrgueres de carne bovina, adicionados de farinha de resíduo de acerola, armazenados em refrigeração (4°C). Os hambúrgueres foram divididos em 05 grupos experimentais: a) controle negativo: sem adição de farinha ou antioxidante sintético; b) controle positivo: adição de antioxidante BHT; c) grupos tratamentos (três): adição da farinha de resíduo de acerola em substituição total e parcial da fécula de mandioca, na proporção de 2%, 1%; 0,5%, e submetidos à determinação de pH e TBARS, a cada 2 dias, durante 2 dias, para selecionar a melhor formulação. Na etapa seguinte, formulações contendo 1% e 2% de farinha de acerola foram submetidas às seguintes determinações: composição química; capacidade de retenção de água, cor instrumental, percentual de metamioglobina e TBARS. A formulação contendo 1% de farinha mostrou-se mais eficaz em reduzir a oxidação lipídica tendo em vista que apresentou o menor valor de TBARS no final do armazenamento e de metamioglobina, além de não apresentar alteração significativa na cor do produto. Diante destes resultados pode-se afirmar que a farinha do resíduo agroindustrial da acerola pode ser considerada como uma alternativa viável a ser aplicada em produtos cárneos, em substituição aos sintéticos.

**Palavras-chave:** antioxidantes naturais, produtos cárneos, oxidação lipídica.

## ABSTRACT

The meat products, due to the presence of lipids in their composition are prone to oxidation reactions. The addition of antioxidants is the most common practice to increase lipid stability in foods. However, research has shown that synthetic antioxidants present toxicity, necessitating the substitution of natural antioxidants. The acerola residue is considered a potential source of antioxidant. Therefore, the present study had as objective to evaluate the oxidative stability of beef hamburgers, stored under refrigeration (4°C), added with acerola residue meal, as an alternative to chemical additives. Burgers were formed and 05 experimental groups were divided: a) negative control: without addition of flour or synthetic antioxidant; b) positive control: addition of antioxidant BHT; c) treatment groups (three): addition of the acerola residue meal in total and partial substitution of cassava starch, in the proportion of 2%, 1%; 0.5%. The burgers were submitted to physical-chemical analysis (pH and TBARS) performed at time 0 and every 2 days for 12 days and the formulation with better performance was evaluated for the subsequent analyzes (instrumental color, metamioglobin percentage, water retention capacity, chemical composition and microbiological analysis). The flour obtained from the acerola agroindustrial residue proved to be efficient to promote oxidative stability when applied in proportions of 1% and 2%. However, 1% showed to be more effective in reducing lipid oxidation, since it presented the lowest TBARS value at the end of storage. The use of the acerola flour as a natural antioxidant promoted a change in the color of the hamburgers, however, the chemical composition and the water retention capacity of the hamburgers were not affected, besides not having antimicrobial capacity. In view of these results it can be stated that the acerola agroindustrial residue meal can be considered a viable alternative of natural antioxidant to be used in meat products.

**Key Words:** natural antioxidants, meat products, lipid oxidation.

## INTRODUÇÃO

A carne é considerada um alimento nobre de fundamental importância na alimentação humana, tanto pelo seu valor nutritivo quanto pelo sensorial. Na sua composição encontram-se proteínas de alto valor biológico, tendo em vista que são constituídas por aminoácidos essenciais, cuja digestibilidade é de 95 a 100%. Além deste macronutriente, contém ainda, gordura e teores significativos de vitaminas, especialmente as do complexo B, importantes minerais, particularmente o ferro heme, forma química altamente biodisponível. Sendo assim, a carne é um dos alimentos mais nutritivos consumidos pelo homem e tem papel importante na produção de energia, na síntese de novos tecidos orgânicos e na regulação dos processos fisiológicos (OLIVEIRA et al., 2008; PIGARRO e SANTOS, 2008; BECKER e KIEL, 2010).

Nos últimos anos em função do acelerado ritmo da vida moderna, especialmente nos grandes centros urbanos, o consumidor tem buscado por praticidade na sua alimentação. Nesta perspectiva, a indústria de alimentos oferece ao consumidor diversos produtos cárneos, dentre os quais, destaca-se o hambúrguer, tradicionalmente consumido em vários países (BORBA et al., 2013). Sendo assim, é esperado que estes produtos sejam suculentos, macios, possuam cor e sabor agradáveis, além de manter características de frescor durante toda a vida de prateleira (PEREIRA et al., 2009)

Entretanto, os produtos cárneos, em função da presença de lipídios em sua composição estão propensos a reações de oxidação, que pode ocorrer durante o processamento e o armazenamento. A oxidação lipídica é responsável por várias alterações em alimentos, além de desencadear a formação de sabores e odores desagradáveis, tornando-os impróprios para o consumo. Dentre as alterações destacam-se a degradação de vitaminas lipossolúveis e de ácidos graxos essenciais, comprometendo a qualidade nutricional do alimento, e a formação de compostos poliméricos potencialmente tóxicos, afetando, assim, a integridade e segurança do alimento (KARAKAIA, 2011, DAS et al., 2012; SHAH et al, 2014).

A adição de antioxidantes é a prática mais comum para aumentar a estabilidade dos lipídios em alimentos. Antioxidantes são substâncias utilizadas para preservar alimentos por meio do retardo da deterioração, rancidez e

descoloração, decorrentes da autooxidação (SELANI, 2010). Devido ao menor custo e sua eficiente ação, os aditivos mais utilizados na indústria são os antioxidantes de origem sintética. Contudo, pesquisas têm demonstrado que estes compostos apresentam toxicidade, impondo a necessidade de substituí-los por antioxidantes naturais. Neste cenário surgem os resíduos sólidos da agroindústria de frutos, constituídos principalmente por cascas e sementes, que ainda apresentam em sua constituição teores significantes de compostos biologicamente ativos que exibem propriedade antioxidante (AJILA et al., 2007). Dentre os compostos encontrados neste material, responsáveis pela ação antioxidante, destacam-se os fenólicos, que promovem diversos efeitos benéficos a saúde, em função de sua capacidade de inibir a oxidação das moléculas, evitando o início ou propagação das reações de oxidação em cadeia (GONZALEZ-AGUILAR et al., 2008)

Vale ressaltar que é bastante elevado o volume de resíduo agroindustrial gerado pela indústria processadora de frutos, material que ainda detém quantidade significativa de compostos bioativos. Estes resíduos sólidos, muitas vezes, não possuem um destino específico, e acabam tornando-se contaminantes ambientais e, conseqüentemente, gerando custos operacionais às empresas, pois necessitam de tratamento para o descarte (INFANTE et al., 2013; BABBAR et al., 2011). O resíduo de acerola é considerado uma fonte potencial de antioxidante, pois exhibe elevado teor de fenólicos totais e forte capacidade antioxidante (CAETANO et al, 2009; CAETANO et al, 2012).

Sendo assim, diante destas constatações, torna-se relevante estudar os efeitos da adição da farinha de resíduo de acerola sobre a qualidade de hambúrguer bovino. Desta forma, a presente pesquisa tem como objetivo avaliar a estabilidade de hambúrgueres de carne bovina, armazenados sob refrigeração, adicionados com farinha de resíduo de acerola, como alternativa aos aditivos químicos.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

### **Material**

O resíduo agroindustrial da acerola para a elaboração da farinha foi fornecido por uma indústria local processadora e produtora de polpa de frutas localizada nas coordenadas 7°58'58.9" S 34°54'57.9" W. O resíduo, formado por cascas e bagaço, foi coletado na linha de produção, da peneira da despulpadora, armazenado em sacos de polietileno de baixa densidade e acondicionado em caixas isotérmicas contendo gelo, de modo a retardar possíveis reações enzimáticas e crescimento microbiano durante o transporte até o laboratório de análises físico-químicas do programa de pós-graduação em Ciência e Tecnologia dos Alimentos da Universidade Federal Rural de Pernambuco. No laboratório, o resíduo foi armazenado à temperatura de congelamento ( $-22^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ ) até o momento de sua secagem.

A paleta bovina resfriada e os ingredientes para a formulação dos hambúrgueres foram adquiridos no comércio local da região metropolitana de Recife. A carne foi transportada, em caixas isotérmicas, contendo gelo, até o laboratório de análises físico-químicas.

### **1 Preparação da farinha do resíduo de acerola**

O resíduo foi retirado do congelamento e colocado em refrigeração à temperatura em torno de  $5^{\circ}\text{C}$  por 24 horas. Sementes e engaços encontrados nesse resíduo foram excluídos e material submetido a secagem em estufa de circulação de ar a  $50^{\circ}\text{C}$  (Marconi – MA 035) até atingir umidade abaixo de 10%. Em seguida, o resíduo seco foi triturado e peneirado até a obtenção de uma farinha de baixa granulometria (16 mesh), acondicionado em sacos plásticos de polietileno de baixa densidade, envolvidos em papel alumínio e armazenados a temperatura de congelamento ( $-22^{\circ} \pm 2^{\circ}\text{C}$ ), até o momento da sua utilização.

## 2 Preparação dos hambúrgueres

A carne foi limpa, retirando todo o tecido conjuntivo, cortada em cubos e moída em moedor (MCR-10 - G Paniz, Caxias do Sul-BR) usando disco de 10mm. Utilizando uma formulação básica de hambúrguer, composta de carne moída (92%), proteína texturizada de soja (4%), sal (1%), fécula de mandioca (2%), alho (0,5%) e cebola desidratados (0,5%), foram formados 05 grupos experimentais, a saber: a) controle negativo: sem adição de farinha ou antioxidante sintético; b) controle positivo: adição de antioxidante sintético butilhidroxitolueno (BHT) na proporção de 0,01 g/100 g de carne; c) grupos tratamentos (três): adição da farinha de resíduo de acerola em substituição total e parcial da fécula de mandioca, na proporção de 2%, 1%; 0,5%. A carne bovina foi homogeneizada com os demais ingredientes em multiprocessador, empregando as boas práticas de manipulação. A massa pronta foi manualmente moldada em hambúrguer de aproximadamente 50 g cada, acondicionados individualmente em sacos de polietileno de baixa densidade, selados e armazenados em refrigeração ( $4^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ ), por 12 dias. No tempo 0 e a cada 2 dias, amostras foram retiradas ao acaso e submetida as análises físico-químicas (Determinação do potencial hidrogeniônico, determinação de formação de substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico para o monitoramento da estabilidade oxidativa). Todos os tratamentos foram conduzidos em triplicata.

**Quadro 1.** Matérias primas utilizadas para a formulação dos hambúrgueres.

INGREDIENTES	FORMULAÇÕES				
	Controle Negativo	Controle Positivo	Farinha 0,5%	Farinha 1%	Farinha 2%
Carne moída (paleta bovina)	92%	92%	92%	92%	92%
PTS	4%	4%	4%	4%	4%
Farinha de acerola	-	-	0,5%	1%	2%
Fécula de Mandioca	2%	2%	1,5%	1%	-
Alho	0,5%	0,5%	0,5%	0,5%	0,5%
Cebola	0,5%	0,5%	0,5%	0,5%	0,5%
Sal	1%	1%	1%	1%	1%
BHT	-	0,01g/100g	-	-	-
TOTAL	100%	100%	100%	100%	100%

### 3 Análises físico-químicas

#### 3.1 Determinação do potencial hidrogeniônico (pH)

O pH das amostras foi determinado utilizando pHmetro Tec-3MP (Marca: TECNAL), onde 10g de cada amostra foi misturada com 40ml de água destilada e homogeneizada. Os valores de pH foram medidos por um eletrodo ligado ao potenciômetro que foi previamente calibrado com soluções-tampão de pH 4 e 7 (MAPA, 2017).

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

A formação de substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico é um dos indicativos da oxidação lipídica. Para essa determinação 5g de cada amostra foram adicionadas a 25ml da solução de ácido tricloroacético (TCA) a 7,5% e 0,1% de EDTA, homogeneizada em agitador mecânico por 5 minutos e filtrada em papel filtro qualitativo. 5ml do filtrado foram transferidos para tubos de ensaio rosqueados, 5ml de solução de ácido tiobarbitúrico (TBA) foram adicionados e vigorosamente agitados. Os tubos foram levados para aquecimento em banho-maria a 90°C por 40 minutos, resfriados em água corrente e, em seguida, a absorbância foi registrada em espectrofotômetro (Shimatsu) no comprimento de onda de 538nm. O valor de TBARS foi calculado considerando a curva de calibração de Tetrametoxipropano (TMP) na concentração de  $0,06 \times 10^{-8}M$  a  $1,2 \times 10^{-8}M$  e os resultados expressos em mg de malonaldeído por quilo de amostra (VYNCKE, 1970).

As formulações que propiciaram hambúrgueres com maior estabilidade durante a armazenagem a 4°C foram repetidas e submetidas às seguintes determinações analíticas:

#### 3.3 Capacidade de Retenção de Água

Para a análise de capacidade de retenção de água foram pesados cinco gramas de amostra, em triplicata, colocadas em papéis filtros qualitativos ( $\varnothing$  125 mm), alojados em tubos tipo Falcon e centrifugados a 3500 RPM durante

10 minutos. Após a centrifugação, as amostras foram retiradas cuidadosamente dos papéis, pesadas e a capacidade de retenção de água foi calculada de acordo com Grau & Hamm (1953) utilizando a seguinte equação:

$$\% \text{ CRA} = \frac{\text{Peso da amostra depois da centrifugação}}{\text{Peso da amostra antes da centrifugação}} \times 100$$

### 3.4 Composição centesimal

Para determinação da composição centesimal, umidade, lipídeos, proteínas e cinzas foram determinadas segundo métodos da AOAC (2002), e os resultados foram expressos em g/100g

Carboidratos foram calculados por diferença (100g - gramas totais de umidade+ proteína + lipídios + cinzas) e o resultado expresso em g/100g.

Valor calórico total (VCT) foi determinado por cálculo, considerando os fatores de conversão de Atawer (proteínas: 4Kcal/g; carboidratos: 4Kcal/g; lipídios: 9Kcal/g), e expresso em Kcal/100g.

Atividade de água foi determinada utilizando o analisador de atividade de água, marca Aqualab 4TE Decagon Devices, à 25°C;

### 3.5 Cor Instrumental

A avaliação objetiva da cor foi realizada por meio de colorimetria de triestímulos, no sistema CIELAB utilizando um colorímetro CHROMA METER CR-400 (Marca: Konica Minolta Sensing, Inc.) no modo de refletância, utilizando iluminante C. A cor, expressa no sistema CIELAB ( $L^*a^*b^*$ ), é especificada numericamente em um espaço tridimensional esférico, definido por três eixos perpendiculares; o eixo  $L^*$ , mede a luminosidade ou o percentual de reflectância, variando de 0 (preto) até 100 (branco); o valor de  $a^*$ , mede a variação entre a cor vermelha ( $+a^*$ ) e a verde ( $-a^*$ ) e o valor de  $b^*$  mede a variação entre o amarelo ( $+b^*$ ) e o azul ( $-b^*$ ) (McGUIRE, 1992). Após a calibração do equipamento as amostras foram sobrepostas a uma placa branca

onde foram efetuadas as determinações  $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$ . A partir destes valores foi calculado a diferença de cor ( $\Delta E^*$ ), usando a seguinte equação:

$$\Delta E^* = [(a^* - a_0^*)^2 + (b^* - b_0^*)^2 + (L^* - L_0^*)^2]^{1/2}$$

Os resultados, expressos com as coordenadas de cor no espaço CIELAB, ( $L^*a^*b^*$ ) referem-se à média aritmética dos valores obtidos em cinco pontos diferentes de cada amostra.

### 3.6 Percentual de metamioglobina

O percentual de metamioglobina foi determinado empregando metodologia descrita por Muthukumar et al (2014). Para extração da metamioglobina, amostra do hambúrguer foi homogeneizada, com 5 volumes de tampão fosfato 0,04M, pH 6,8, por 10 segundos. Após o repouso, sob refrigeração, por 1h, a mistura foi centrifugada a 3500g por 30 min. O sobrenadante foi filtrado em papel de filtro e a absorvância do filtrado foi registrada nos comprimentos de onda de 525; 575 e 700 nm. O percentual de metamioglobina foi calculado empregando a seguinte expressão matemática:

$$\text{Metamioglobina (\%)} = \{1395 - [(Abs575 - Abs 700) / (Abs525 - Abs 700)]\} \times 100$$

## 4 Análises microbiológicas

Para análises microbiológicas, amostras de hambúrguer, de cada tratamento, foram coletadas, assepticamente, em triplicata, nos tempos de armazenamento de 0, 2, 4, 6 e 8 dias e submetidas à contagem total de bactérias aeróbias mesófilas e *Escherichia coli*, utilizando sistema Petrifilm™ AC e EC (3M), cujas placas são aprovadas pela AOAC para análise microbiológica de alimentos. As placas foram incubadas por 24 - 48h, a 35°C ± 1°C e os resultados expressos em UFC/g (unidades formadoras de colônia por grama).

## **5 Análise estatística**

. Todas as determinações foram realizadas em triplicata e os dados submetidos a análise unidirecional de variância (ANOVA) e ao teste de Duncan ( $p < 0,05$ ). Os resultados foram expressos em média  $\pm$  desvio padrão

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na primeira etapa do experimento, a estabilidade oxidativa de hambúrgueres de carne bovina aditivados com diferentes proporções de farinha de resíduo agroindustrial de acerola, armazenados em refrigeração ( $4^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ ), por 12 dias, foi monitorada por meio da determinação do potencial hidrogeniônico (pH) e das substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS). Os valores de pH das diferentes formulações variaram entre 4,93 e 6,32 (Tabela 1). A análise dos dados demonstra que o pH dos hambúrgueres da formulação F 1% (Farinha 1%) apresentou pequena variação ao longo do período de armazenamento, atingindo aos 12 dias, valor de pH estatisticamente semelhante ao do tempo 0. Evidencia-se, também, que o pH desta formulação aos 12 dias de armazenamento foi significativamente mais baixo do que o das demais formulações. As amostras Controle e BHT apresentaram comportamento semelhante, os valores de pH mantiveram-se estatisticamente estáveis até o 10º dia de armazenamento, atingindo ao final do período de estocagem valores de pH significativamente superiores ao da amostra F1%. Nas demais formulações (F 0,5% e F 2%) observa-se que houve redução significativa no valor de pH até o 8 dia de armazenamento, para em seguida aumentar, atingindo ao final do período pH superior a 6,0.

Segundo o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (2017b), a faixa ideal de pH da carne bovina para consumo é de 5,8 a 6,2, sendo o valor de 6,4 o limite crítico, aceitável apenas para produtos para consumo imediato. O pH acima deste valor é indicativo do início do processo de decomposição do produto. Assim, levando em consideração esta determinação do MAPA, evidencia-se que nenhuma das amostras em estudo ultrapassou o limite crítico estabelecido.

Resultados semelhantes foram conseguidos por Rababah et al. (2005) em amostras de frango marinadas com extratos de semente de uva comercial e de chá verde, armazenadas em temperatura de refrigeração ( $5^{\circ}\text{C}$ ) e submetidas ao cozimento em forno elétrico convencional e micro-ondas. Os valores de pH ao final de 12 dias de armazenamento variaram entre 5,9 a 6,12. Pereira et al. (2009) analisando carne de aves mecanicamente separada, adicionada de extratos de erva mate, macela, uma mistura de erva mate com

macela, chá verde e própolis e armazenada durante 10 dias sob refrigeração, verificaram que não houve grandes variações nos valores de pH ao longo do período de estocagem.

**Tabela 1.** Valores de pH de hambúrguer de carne bovina aditivado com farinha do resíduo de acerola armazenado em refrigeração (4°C) por 12 dias

Formulações	Dias de armazenamento a 4° C						
	0	2	4	6	8	10	12
Controle	5,85 ±0,02 <sup>aB</sup>	5,73±0,01 <sup>aB</sup>	5,86±0,03 <sup>aB</sup>	5,76±0,11 <sup>aB</sup>	5,77±0,07 <sup>aB</sup>	5,90±0,08 <sup>aB</sup>	6,11±0,06 <sup>aA</sup>
F 0,5%	5,65 ±0,0 <sup>cB</sup>	5,11±0,05 <sup>bF</sup>	5,21±0,07 <sup>cEF</sup>	5,32±0,08 <sup>bDE</sup>	5,50±0,05 <sup>bBC</sup>	5,44±0,02 <sup>cCD</sup>	6,32±0,01 <sup>aA</sup>
F 1%	5,70±0,04 <sup>bAB</sup>	5,73±0,05 <sup>aAB</sup>	5,67±0,02 <sup>aB</sup>	5,68±0,07 <sup>aAB</sup>	5,55±0,07 <sup>bB</sup>	5,62±0,02 <sup>bAB</sup>	5,80±0,02 <sup>bA</sup>
F 2%	5,40±0,01 <sup>dB</sup>	4,93±0,03 <sup>bD</sup>	5,02±0,06 <sup>dD</sup>	5,17±0,04 <sup>bCD</sup>	5,26±0,08 <sup>cBC</sup>	5,27±0,09 <sup>dBC</sup>	6,06±0,08 <sup>aA</sup>
BHT	5,89±0,01 <sup>aB</sup>	5,90±0,01 <sup>aB</sup>	5,83±0,02 <sup>aB</sup>	5,87±0,08 <sup>aB</sup>	5,82±0,08 <sup>aB</sup>	5,90±0,08 <sup>aB</sup>	6,14±0,05 <sup>aA</sup>

Os valores referem-se à média ± desvio padrão de três determinações; as médias seguidas por letras minúsculas iguais na coluna, e por letras maiúsculas iguais na linha não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Duncan ( $p < 0,05$ ). F 0,5%, F 1% e F 2%: hambúrgueres formulados com adição de 0,5%; 1% e 2% de farinha do resíduo de acerola, respectivamente; Controle: hambúrgueres formulados sem adição de farinha do resíduo de acerola; BHT: hambúrgueres formulados com adição de 0,01g/kg de BHT.

Na Tabela 2 encontram-se os resultados da quantificação das substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS). Verifica-se que os valores de TBARS variaram de 0,37 a 6,11. As amostras apresentaram aumento progressivo dos teores de TBARS ao longo do período de estocagem, entretanto, ao final do armazenamento, a amostra F 2% apresentou o menor teor de TBARS, sem, contudo, apresentar diferença estatística significativa das demais formulações contendo farinha do resíduo de acerola. O teor de TBARS da formulação F 2% manteve-se sem alteração significativa a partir do 6º de armazenamento, não diferindo estatisticamente das amostras F0,5% no dia 8º e 10º dia de estocagem.

A legislação brasileira não apresenta limite máximo para malonaldeído/kg em produtos cárneos. Segundo Wood et al. (2003) o sabor

rançoso resultante do processo de oxidação lipídica pode ser identificado pelo consumidor em produtos com teores de TBARS a partir de 2,00mg MDA. Kg<sup>-1</sup>.

**Tabela 2.** Valores de TBARS de hambúrguer de carne bovina aditivado com farinha do resíduo de acerola armazenado em refrigeração (4°C) por 12 dias.

Formulações	Valores de TBARS (mg de malonaldeído/Kg) nos dias de armazenamento						
	0	2	4	6	8	10	12
Controle	0,38±0,01 <sup>cC</sup>	0,58±0,01 <sup>cA</sup>	1,09±0,01 <sup>bcB</sup>	1,08±0,02 <sup>bcC</sup>	1,93±0,02 <sup>bcB</sup>	3,28±0,04 <sup>bA</sup>	6,11±0,09 <sup>aA</sup>
F 0,5%	1,02±0,01 <sup>dB</sup>	1,62±0,01 <sup>dA</sup>	1,79±0,01 <sup>cA</sup>	2,21±0,01 <sup>cAB</sup>	3,27±0,03 <sup>bA</sup>	3,39±0,01 <sup>abA</sup>	3,04±0,01 <sup>aAB</sup>
F 1%	1,45±0,01 <sup>cAB</sup>	0,57±0,02 <sup>dA</sup>	1,32±0,01 <sup>cB</sup>	0,93±0,02 <sup>cdC</sup>	0,95±0,01 <sup>cdC</sup>	2,21±0,01 <sup>bB</sup>	4,59±0,01 <sup>aAB</sup>
F 2%	1,59±0,02 <sup>bA</sup>	1,06±0,02 <sup>bcA</sup>	0,54±0,01 <sup>cC</sup>	2,72±0,02 <sup>aA</sup>	2,81±0,01 <sup>aA</sup>	2,48±0,01 <sup>aAB</sup>	2,42±0,01 <sup>aB</sup>
BHT	0,37±0,01 <sup>dC</sup>	0,66±0,01 <sup>dA</sup>	0,95±0,01 <sup>cdBC</sup>	1,65±0,04 <sup>cBC</sup>	1,68±0,01 <sup>cBC</sup>	3,07±0,01 <sup>bAB</sup>	5,49±0,01 <sup>aA</sup>

Os valores referem-se à média ± desvio padrão de três determinações; as médias seguidas por letras minúsculas iguais na linha, e por letras maiúsculas iguais na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Duncan ( $p < 0,05$ ). F 0,5%, F 1% e F 2%: hambúrgueres formulados com adição de 0,5%; 1% e 2% de farinha do resíduo de acerola, respectivamente; Controle: hambúrgueres formulados sem adição de farinha do resíduo de acerola; BHT: hambúrgueres formulados com adição de 0,01g/kg de BHT.

Evidencia-se que a amostra F 1%, até o 8º dia de armazenamento, manteve o valor de TBARS inferior a 2,00mg MDA. Kg<sup>-1</sup> não apresentando diferença ( $p > 0,05$ ) em relação a formulação com BHT (1,68±0,01), mas diferindo estatisticamente de todas as demais formulações. Este resultado demonstra que a F 1% apresentou efeito protetor significativo, retardando a oxidação lipídica, podendo ser utilizado como possível substituto ao antioxidante sintético BHT em produtos cárneos armazenados em refrigeração.

Estudos relatam a eficiência de vários antioxidantes naturais em retardar a oxidação lipídica em produtos cárneos (BISWAS et al., 2012; CAMPAGNOL et al. 2011; ALLEN; CANFORTH, 2010, SHAH, 2014). Pesquisa realizada por Devaltkal et al. (2012) em hambúrguer de frango com BHT e outros dois

extratos (Curry e Fenugreek), armazenados por 8 dias a 4°C, evidenciaram valores de TBARS até 1,3mg MDA/kg no 8º dia de estocagem, e não observaram diferença estatística significativa entre o BHT e os extratos, resultado semelhante ao encontrado na presente pesquisa. Larosa et al. (2012) investigaram o efeito protetor de condimentos comerciais moídos sobre a formação do malonaldeído em produtos a base de tilápia armazenados sob congelamento por 120 dias e verificaram que a sálvia obteve maior ação do que a formulação que continha o antioxidante sintético propil galato. Os demais condimentos utilizados exibiram efeitos semelhantes entre si. Pereira (2009) também evidenciou que não houve diferença significativa entre o antioxidante sintético BHA e o antioxidante natural proveniente do extrato de chá verde, quando avaliou carne mecanicamente separada de frango, estocadas sob refrigeração por 10 dias.

A farinha obtida a partir do resíduo agroindustrial de acerola mostrou-se eficiente para promoção da estabilidade oxidativa de hambúrgueres bovinos armazenados em refrigeração quando aplicada nas proporções de 1% e 2%. Sendo assim, outros ensaios foram conduzidos para definir a melhor formulação.

Na segunda etapa do experimento foram realizadas análises físico-químicas para determinar a composição centesimal das amostras de hambúrgueres, as substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS), a cor instrumental e a capacidade de retenção de água das formulações de F1%, F2%, controle e BHT nos tempos 0 a 8 dias, uma vez que, em ensaios anteriores, todas as formulações a partir do 10º dia de armazenamento apresentaram valores de TBARS acima de 2,00mg MDA. Kg<sup>-1</sup>

Na Tabela 3 encontram-se os resultados da composição centesimal das amostras. Evidencia-se que o percentual de umidade e lipídeos das formulações de hambúrguer variaram de 63,44% a 65,09% e 3,12% a 3,54%, respectivamente, sem apresentar diferença estatística significativa entre as formulações. A formulação controle apresentou o menor percentual de proteína diferindo estatisticamente de todas as demais formulações que não apresentaram diferença estatística significativa entre si. A formulação F2% apresentou o maior percentual de cinzas diferindo estatisticamente da amostra F1% e das amostras BHT e controle, possivelmente em decorrência do maior

percentual de farinha em sua formulação. Os valores de carboidratos variaram entre 6,64% a 9,07%, onde o menor percentual foi da formulação com BHT e o maior percentual na formulação controle, demonstrando que a adição da farinha não aumentou de forma significativa o percentual de carboidrato total. Observa-se, também, não haver diferença significativa entre as formulações em relação às calorias. Entretanto, considerando que a farinha de acerola apresenta fibras dietéticas em sua composição, fração não quantificada neste estudo, é possível inferir que os hambúrgueres com adição desta farinha exibam menor aporte calórico.

**Tabela 3:** Composição centesimal de hambúrguer de carne bovina aditivado com farinha do resíduo de acerola.

Parâmetro	Controle	F1%	F2%	BHT
Umidade (%)	64,86±0,4 <sup>a</sup>	63,98±1,7 <sup>a</sup>	63,44±0,5 <sup>a</sup>	65,09±0,2 <sup>a</sup>
Proteína (%)	21,70±0,73 <sup>b</sup>	23,12±0,40 <sup>a</sup>	23,71±0,16 <sup>a</sup>	23,84±0,10 <sup>a</sup>
Cinzas (%)	1,03±0,05 <sup>c</sup>	1,46±0,12 <sup>b</sup>	1,99±0,08 <sup>a</sup>	1,10±0,08 <sup>c</sup>
Lipídios (%)	3,34±0,27 <sup>a</sup>	3,12±0,17 <sup>a</sup>	3,54±0,22 <sup>a</sup>	3,33±0,08 <sup>a</sup>
Carboidratos (%)	9,07±0,60 <sup>a</sup>	8,31±0,50 <sup>ab</sup>	7,32±0,70 <sup>ab</sup>	6,64±0,20 <sup>b</sup>
Calorias (Kcal/100g)	153,14±1,20 <sup>a</sup>	153,83±8,40 <sup>a</sup>	156,00±4,00 <sup>a</sup>	151,90±0,80 <sup>a</sup>

Os valores referem-se à média ± desvio padrão de três determinações; as médias seguidas por letras minúsculas iguais na linha não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Duncan ( $p < 0,05$ ). F 1% e F2%: hambúrgueres formulados com adição de 1% e 2% de farinha do resíduo de acerola, respectivamente; Controle: hambúrgueres formulados sem adição de farinha do resíduo de acerola; BHT: hambúrgueres formulados com adição de 0,01g/kg de BHT.

Segundo o Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade de Hambúrguer do MAPA (MAPA, 2016) o hambúrguer deve possuir como características físico-químicas um percentual máximo de lipídeos de 23% e o mínimo de 15% de proteína. Sendo assim, evidencia-se que todas as formulações atendem ao estabelecidos pela legislação brasileira.

Segundo a Tabela Brasileira de Composição de Alimentos (TACO) (UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS, 2011) carne bovina paleta, crua, sem gordura, apresenta valores de 72,1% de umidade, 21% de proteína, 5,7% de lipídeos e 1% de cinzas; e para hambúrguer bovino cru há a indicação de 63,6% de umidade, 13,2% de proteína, 16,2% de lipídeos, e 2,9% de cinzas. Ao comparar esses dados com os da Tabela 3 as observa-se que o produto cárneo do presente estudo apresenta valores de proteínas e cinzas próximos aos da carne bovina paleta, porém inferiores ao do hambúrguer, que apresentaram valores semelhantes de umidade. Contudo, o percentual de

lipídeos foi inferior tanto ao da carne bovina paleta, sem gordura, crua como ao do hambúrguer bovino cru.

Os dados da composição química no presente trabalho foram semelhantes aos encontrados por Unal et al., (2014), que ao adicionarem à carne moída óleo essencial de orégano, sálvia e alecrim e relataram valores de 18,19% de proteína, 66,75% de umidade e 0,93% de cinzas. No entanto, os valores de lipídeo (13,99%) foram superiores, possivelmente em decorrência do corte de carne bovina utilizado ter maior teor de gordura intercelular, bem como, da adição de óleo essencial na composição dos hambúrgueres. Em estudo realizado por Barbosa (2010) hambúrguer elaborado com coxão mole os valores de lipídeos (2,2%) foram semelhantes aos encontrados no presente estudo.

Vale ressaltar que as discrepâncias encontradas entre os valores da composição química neste estudo e os de outros pesquisadores, podem ser justificadas por diversos fatores não obstante o uso de matéria-prima proveniente da mesma espécie, dentre os quais se destacam a genética, nutrição e idade do animal. Além disso, a forma de processamento bem como a adição de ingredientes, podem também influenciar composição química do produto.

A capacidade de retenção de água (CRA) dos produtos (Tabela 4) variou entre 72,40% a 82,78% de água retida. Os hambúrgueres das formulações F1%, F2% e BHT apresentaram pequena variação ao longo do período de armazenamento, atingindo no 8º dia, valor de CRA estatisticamente semelhante ao do tempo 0, enquanto que o controle teve uma redução estatística significativa quando comparado o tempo inicial e o final. Evidencia-se, também, que a CRA de todas as formulações no último dia de armazenamento não apresenta diferença estatística significativa entre si.

A Capacidade de Retenção de Água (CRA) é uma propriedade da carne que reflete a sua capacidade de reter água pela autoestruturação. É um parâmetro tecnológico utilizado pela indústria de carnes, uma vez que está relacionado à perda de peso pós-abate, juntamente com a qualidade e o rendimento de carnes e derivados. A CRA também influencia a qualidade sensorial da carne, porque a perda de água durante o cozimento pode afetar a sua suculência e maciez (ALESON-CARBONELL et al. 2005).

**Tabela 4.** Capacidade de retenção de água (CRA) em hambúrguer de carne bovina aditivado com farinha do resíduo de acerola armazenado sob refrigeração (4°C) por 8 dias.

Tratamentos	Dias de armazenamento				
	0	2	4	6	8
Controle	82,78±0,2 <sup>aA</sup>	76,44±0,1 <sup>aC</sup>	76,21±0,1 <sup>aC</sup>	77,68±0,2 <sup>abBC</sup>	79,69±0,1 <sup>aB</sup>
F1%	77,12±0,2 <sup>bA</sup>	73,26±0,3 <sup>bcC</sup>	74,10±0,1 <sup>bcC</sup>	77,24±0,3 <sup>bcA</sup>	76,73±0,0 <sup>aA</sup>
F2%	77,18±0,1 <sup>bAB</sup>	72,40±0,3 <sup>cd</sup>	74,26±0,2 <sup>bdD</sup>	75,46±0,4 <sup>cAB</sup>	77,95±0,2 <sup>aA</sup>
BHT	78,11±0,3 <sup>bAB</sup>	75,71±0,2 <sup>abB</sup>	77,19±0,2 <sup>aAB</sup>	79,44±0,1 <sup>aA</sup>	79,60±0,3 <sup>aA</sup>

Os valores referem-se à média ± desvio padrão de três determinações; médias seguidas por letras minúsculas iguais na coluna, e por letras maiúsculas iguais na linha não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Duncan ( $p < 0,05$ ). F 1% e F2%: hambúrgueres formulados com adição de 1% e 2% de farinha do resíduo de acerola, respectivamente; Controle: hambúrgueres formulados sem adição de farinha do resíduo de acerola; BHT: hambúrgueres formulados com adição de 0,01g/kg de BHT.

Os valores de CRA encontrados no presente estudo foram semelhantes aos apresentados por Bastos et. al (2014) que investigaram a aplicação de substitutos vegetais de gordura em hambúrgueres. Estes autores relatam valores de CRA para as formulações com adição de farinha de aveia, farinha de polpa de banana verde, farinha de casca de banana verde, farinha de casca de maçã e polpa de banana verde de 74,5%, 78,8%, 80,9%, 74,9%, 79,9% respectivamente.

Os percentuais de CRA encontrados no presente estudo sugerem hambúrgueres com maior suculência pós-cozção. Segundo Ali et al (2011) a manutenção da umidade em amostras de carne tem implicações favoráveis na qualidade do produto final, impedindo a perda excessiva de umidade em produtos, evitando, assim, textura crocante indesejável. Parâmetros como cor, textura e aceitabilidade dependem da capacidade do produto de não perder água (MORÓN-FUENMAYOR; ZAMORANO-GARCIA 2004; HAUTRIVE et al. 2008)

Os parâmetros de cor podem ser utilizados como valiosa ferramenta por empresas que comercializam produtos cárneos, pois a medida de cor instrumental da carne fresca está relacionada com a sua palatabilidade. (TAPP III et al., 2011). Na Tabela 5 pode-se observar as medidas objetivas de cor ( $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$ ) em hambúrguer de carne bovina aditivado com farinha do resíduo de acerola armazenado sob refrigeração (4°C) por 8 dias. Os valores de  $L^*$  dos hambúrgueres de carne bovina com adição de farinha do resíduo de acerola reduziram de forma significativa aos 4 dias de armazenamento, tornando-se, portanto, um pouco mais escuros do que o controle e o com BHT. Aos 6 e 8

dias de armazenamento, os hambúrgueres deste tratamento apresentaram valores de L semelhante ao do controle, porém significativamente menor do que o do hambúrguer com BHT ( $p < 0,05$ ).

Os valores de  $a^*$  variaram entre 14,13 e 1,90 durante o período de armazenamento. Todas as formulações apresentaram redução progressiva deste parâmetro, entretanto, no 8º dia o valor da formulação F2% foi significativamente maior do que o das demais formulações ( $p < 0,05$ ). Evidencia-se, portanto, que independente da formulação houve perda da coloração vermelha durante o armazenamento. Quanto ao valor de  $b^*$  (intensidade da cor amarela) observa-se que nas formulações contendo farinha de acerola este parâmetro foi significativamente maior, porém ao longo do armazenamento houve uma redução, atingindo valores semelhante aos das demais formulações no 8º dia de estocagem.

Os valores de  $\Delta E$  refletem a diferença de cor das amostras e foram calculados levando em consideração os parâmetros  $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$  relativos ao tempo 0 e 8 dias de armazenamento. Observa-se que esta variação foi de 11,29 a 13,21, sem, contudo apresentar diferença significativa ( $p < 0,05$ ) entre as formulações. Desta forma, constata-se que a adição da farinha do resíduo de acerola não alterou de forma significativa a cor dos hambúrgueres. Da mesma forma, pode inferir que o tempo de até 8 dias de armazenamento não interferiu de modo significativo na cor destes produtos cárneos.

Bañón et al. (2007) e Pires (2014) ao investigarem a adição de extratos de chá verde e de semente de uva em hambúrgueres bovinos e extratos de alecrim e chá verde em hambúrgueres de frango, respectivamente, evidenciaram que a adição de extratos vegetais não afetou os valores de  $L^*$  que se mantiveram bastante estáveis durante o armazenamento. Porém, com a adição da farinha de acerola isto não foi observado, uma vez que foi constatado redução do valor de  $L^*$  indicando que as formulações contendo farinha de acerola eram um pouco mais escuras.

**Tabela 5.** Medidas objetivas de cor (*CIELab*) em hambúrguer de carne bovina aditivado com farinha do resíduo de acerola armazenado sob refrigeração (4°C) por 8 dias.

Dias	Cor	Controle	F1	F2	BHT
0	L*	35,37±0,1 <sup>a</sup>	34,83±0,4 <sup>a</sup>	34,38±0,4 <sup>a</sup>	36,63±0,4 <sup>a</sup>
	a*	14,13±0,2 <sup>a</sup>	13,07±1,1 <sup>ab</sup>	12,93±0,2 <sup>b</sup>	13 ±0,5 <sup>ab</sup>
	b*	6,90±0,1 <sup>bc</sup>	7,83±0,5 <sup>ab</sup>	8,77±0,6 <sup>ab</sup>	6,57±0,3 <sup>c</sup>
2	L*	29,80±0,3 <sup>a</sup>	30,33±0,2 <sup>a</sup>	29,03±0,5 <sup>a</sup>	31,00±0,5 <sup>a</sup>
	a*	7,73±0,0 <sup>a</sup>	7,80±0,6 <sup>a</sup>	7,53±0,5 <sup>a</sup>	7,00±0,3 <sup>a</sup>
	b*	4,67±0,1 <sup>b</sup>	5,83±0,4 <sup>a</sup>	6,17±0,7 <sup>a</sup>	4,90±0,2 <sup>b</sup>
4	L*	29,13±0,2 <sup>a</sup>	28,13±0,3 <sup>b</sup>	27,70±0,2 <sup>b</sup>	29,33±0,1 <sup>a</sup>
	a*	5,73±0,2 <sup>a</sup>	6,10±0,1 <sup>a</sup>	6,23±0,3 <sup>a</sup>	5,33±0,7 <sup>a</sup>
	b*	4,20±0,1 <sup>bc</sup>	4,97±0,6 <sup>ab</sup>	5,27±0,1 <sup>a</sup>	3,67±0,2 <sup>c</sup>
6	L*	28,33±0,1 <sup>ab</sup>	27,63±0,5 <sup>bc</sup>	26,57±0,3 <sup>c</sup>	29,17±0,3 <sup>a</sup>
	a*	5,70±0,3 <sup>a</sup>	5,83±0,7 <sup>a</sup>	6,20±0,3 <sup>a</sup>	5,70±0,2 <sup>a</sup>
	b*	4,03±0,3 <sup>b</sup>	4,83±0,2 <sup>a</sup>	4,63±0,1 <sup>a</sup>	3,97±0,2 <sup>b</sup>
8	L*	30,90±0,2 <sup>ab</sup>	30,40±0,8 <sup>ab</sup>	29,63±0,6 <sup>a</sup>	31,73±0,5 <sup>b</sup>
	a*	1,90±0,4 <sup>b</sup>	1,97±0,6 <sup>b</sup>	2,87±0,3 <sup>a</sup>	1,53±0,5 <sup>b</sup>
	b*	6,47±0,0 <sup>a</sup>	6,70±0,3 <sup>a</sup>	6,87±0,1 <sup>a</sup>	6,40±0,3 <sup>a</sup>
	ΔE	13,21±1,30 <sup>a</sup>	12,07±0,66 <sup>a</sup>	11,29±0,56 <sup>a</sup>	12,53±0,49 <sup>a</sup>

Os valores referem-se à média ± desvio padrão de três determinações; médias seguidas por letras minúsculas iguais na linha não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Duncan ( $p < 0,05$ ). F 1% e F2%: hambúrgueres formulados com adição de 1% e 2% de farinha do resíduo de acerola, respectivamente; Controle: hambúrgueres formulados sem adição de farinha do resíduo de acerola; BHT: hambúrgueres formulados com adição de 0,01g/kg de BHT.

Naveena et al. (2008), no entanto, relataram redução no valor de L\* decorrente da adição de extrato em pó de romã em hambúrgueres de frangos, assim como, também, Paglarini (2015) ao avaliar o potencial antioxidante de extratos comerciais derivados de plantas em carne de frango mecanicamente separada armazenada sob refrigeração. Nas amostras contendo antioxidante natural os valores de L\* foram menores do que nas formulações controle e com BHT (Paglarini, 2015), resultado semelhante ao do presente estudo.

Estudos que tratam sobre a cor da carne, na maioria das vezes estão focados no valor de a\* (vermelho), uma vez que a coloração vermelha da carne é um importante componente do apelo visual para consumidores (SHAN et al., 2009). A redução na intensidade de vermelho (a\*) dos hambúrgueres durante o período de estocagem observada no presente estudo foi semelhante à encontrada por Milani et al. (2012), ao estudarem o efeito da utilização de caqui e alecrim na estabilidade das características sensoriais e de cor de hambúrgueres bovinos congelados por 14 meses. Comportamento semelhante foi verificado por Paglarini (2015) e McCarthy et al. (2010) ao utilizarem extratos de diferentes fontes vegetais visando avaliar a ação antioxidante em

carne de frango mecanicamente separada e hambúrgueres suínos crus e cozidos, respectivamente. Os autores observaram que mesmo nas formulações com antioxidante sintético (BHA/BHT), houve redução da intensidade do vermelho durante o período de estocagem, o que também foi verificado na presente pesquisa.

Com relação à intensidade da cor amarela ( $b^*$ ), Kim et al. (2013) utilizando solução de NaCl e molho de soja para retardar a oxidação da cor da carne bovina moída armazenada por 10 dias em refrigeração, observaram aumento nos valores de  $b^*$ , ou seja, surgimento da cor amarela. Esse aumento, no presente estudo, só foi observado no último dia de armazenamento e pode indicar a formação de metamioglobina, uma vez que as alterações da oxidação de mioglobina decorrem basicamente da transformação do íon ferroso ( $Fe^{2+}$ ) ao estado férrico ( $Fe^{3+}$ ). (CHAN et al., 1997).

A formação de metamioglobina depende de inúmeros fatores incluindo a pressão parcial de oxigênio, temperatura, pH, oxidação lipídica, e em alguns casos, crescimento microbiano (MANCINI; HUNT, 2005). O efeito do tratamento com farinha de resíduo agroindustrial de acerola e BHT na formação de metamioglobina (MMb) durante o armazenamento sob refrigeração de hambúrgueres de carne bovina é apresentado na Tabela 6. Observa-se que todas as formulações, durante o armazenamento, apresentaram aumento progressivo nos níveis de MMb, entretanto, nas tratadas com farinha de acerola os valores foram significativamente menores ( $p < 0,05$ ), demonstrando que a farinha adicionada reduziu a formação de MMb no produto. De maneira mais eficiente do que o antioxidante sintético. No entanto, com relação à concentração de farinha, não houve diferença estatística significativa nos valores de MMb, permitindo inferir que a adição de 1% ou 2% de farinha é eficiente em retardar a formação de MMb. Observa-se, também, correlação negativa entre os valores de MMb e os valores de  $a^*$ , uma vez que a medida que o percentual de MMb aumenta durante o período de estocagem, os valores de  $a^*$  reduzem.

**Tabela 6.** Percentual de metamioglobina em hambúrguer de carne bovina aditivado com farinha do resíduo de acerola armazenado sob refrigeração (4°C) por 8 dias.

Tratamentos	Dias de armazenamento				
	0	2	4	6	8
Controle	40,31±0,2 <sup>aD</sup>	45,10±0,1 <sup>aCD</sup>	52,79±0,3 <sup>aC</sup>	62,01±0,1 <sup>aB</sup>	82,29±0,3 <sup>aA</sup>
F1	16,46±0,1 <sup>cB</sup>	19,31±0,3 <sup>cB</sup>	18,06±0,3 <sup>cB</sup>	27,37±0,1 <sup>cA</sup>	30,95±0,5 <sup>cA</sup>
F2	17,68±0,2 <sup>cC</sup>	15,11±0,1 <sup>dC</sup>	24,84±0,2 <sup>bcB</sup>	28,43±0,4 <sup>cAB</sup>	30,30±0,3 <sup>cA</sup>
BHT	24,05±0,3 <sup>bD</sup>	24,69±0,2 <sup>bD</sup>	28,11±0,5 <sup>bC</sup>	37,38±0,2 <sup>bB</sup>	47,70±0,2 <sup>bA</sup>

Os valores referem-se à média ± desvio padrão de três determinações; médias seguidas por letras minúsculas iguais na coluna, e por letras maiúsculas iguais na linha não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Duncan ( $p < 0,05$ ). F 1% e F2%: hambúrgueres formulados com adição de 1% e 2% de farinha do resíduo de acerola, respectivamente; Controle: hambúrgueres formulados sem adição de farinha do resíduo de acerola; BHT: hambúrgueres formulados com adição de 0,01g/kg de BHT.

Correlação negativa entre os valores de  $a^*$  e o de metamioglobina, também, foi observado por O'Sullivan et al. (2004). Segundo An et al. (2004), os hambúrgueres de carne crua armazenados em embalagens aeróbicas mostraram uma rápida deterioração da cor que não pode ser estabilizada pela adição exclusiva de ascorbato, extrato de chá verde (GTE) ou extrato de semente de uva, Comparando os valores do primeiro e último dia de estocagem (Tabela 6), constata-se que para todas as formulações os valores praticamente dobraram. Sendo assim, evidencia-se que a adição da farinha de acerola retardar a formação de metamioglobina, quando comparada com as outras formulações, porém não é eficiente para evitar a formação de MMb, estabilizando os seus teores. Jo et al. (2003), no entanto, relataram que alta dose de extrato etanólico de chá verde (1.000 mg GTE / kg) pode retardar a perda de vermelhidão em carne de porco crua durante o armazenamento.

A influência da inclusão de Farinha de acerola e de BHT sobre oxidação lipídica, em termos de valores de TBARS, em hambúrgueres de carne bovina, armazenados por 8 dias a 4°C pode ser observada na Tabela 7. Verifica-se que os valores de TBARS variaram de 0,23 a 2,79, sendo que o maior valor foi atingido pela formulação controle, no último dia de armazenamento. Esse comportamento era esperado uma vez que os lipídeos da carne sem adição de antioxidante encontram-se desprotegidos e expostos a ação dos radicais livres.

Observa-se, ainda, que em todas as formulações houve aumento progressivo dos teores de TBARS ao longo do período de estocagem, entretanto, ao final do armazenamento, a F 1% apresentou o menor teor de TBARS, seguida pela F2%, BHT ( $p < 0,05$ ). Estes dados permitem evidenciar que a adição da farinha de acerola, especialmente na proporção de 1%,

apresenta efeito protetor significativo, retardando a oxidação lipídica. Desta forma, poderá ser utilizada como possível substituto ao antioxidante sintético BHT em produtos cárneos armazenados em refrigeração. É importante salientar ainda que o teor de TBARS da formulação controle aos 8 dias de estocagem foi superior a 2,00mg MDA. Kg<sup>-1</sup>, limite máximo estipulado por Wood et al. (2003), para detecção do sabor rançoso, resultante do processo de oxidação lipídica, pelo consumidor em produtos cárneos. Em contrapartida, as formulações com adição da farinha de acerola (F1%, F2%) o valor de TBARS foi inferior ao valor de 1,50 mg MDA. Kg<sup>-1</sup> atingido pela formulação contendo BHT. Ressalta-se, ainda, que a F1% manteve-se o valor de TBARS sem alteração significativa até o 4<sup>o</sup> dia de armazenamento

**Tabela 7.** Valores de TBARs de hambúrguer de carne bovina aditivado com farinha do resíduo de acerola armazenado em refrigeração (4<sup>o</sup>C) por 8 dias.

Tratamentos	Dias de armazenamento				
	0	2	4	6	8
Controle	0,24±0,02 <sup>cE</sup>	0,44±0,01 <sup>bD</sup>	0,93±0,01 <sup>cC</sup>	1,08±0,03 <sup>abB</sup>	2,79±0,04 <sup>aA</sup>
F1	0,75±0,01 <sup>bB</sup>	0,88±0,02 <sup>aB</sup>	1,04±0,03 <sup>bAB</sup>	1,18±0,01 <sup>aA</sup>	1,08±0,01 <sup>dA</sup>
F2	0,79±0,02 <sup>aD</sup>	0,85±0,03 <sup>aC</sup>	1,23±0,02 <sup>aB</sup>	1,22±0,05 <sup>aB</sup>	1,42±0,02 <sup>cA</sup>
BHT	0,23±0,05 <sup>cE</sup>	0,34±0,01 <sup>bD</sup>	0,75±0,04 <sup>dC</sup>	0,97±0,02 <sup>bB</sup>	1,50±0,03 <sup>bA</sup>

Os valores referem-se à média ± desvio padrão de três determinações. Médias seguidas por letras minúsculas iguais na coluna, e por letras maiúsculas iguais na linha não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Duncan ( $p < 0,05$ ). F 1% e F2%: hambúrgueres formulados com adição de 1% e 2% de farinha do resíduo de acerola, respectivamente; Controle: hambúrgueres formulados sem adição de farinha do resíduo de acerola; BHT: hambúrgueres formulados com adição de 0,01g/kg de BHT

Estudos relatam a eficiência de vários antioxidantes naturais em retardar a oxidação lipídica em produtos cárneos (PAGLARINI, 2015; PIRES, 2014; BISWAS et al., 2012; CAMPAGNOL et al. 2011; ALLEN; CANFORTH, 2010, SHAH, 2014). Resultados satisfatórios, também, foram obtidos por McBride et al. (2007) ao adicionar extrato de alecrim (0,1%) em carne armazenadas aerobicamente. O extrato de alecrim mostrou-se mais eficaz no controle da oxidação lipídica do que BHA / BHT ou vitamina E. Acredita-se que os antioxidantes fenólicos, doam hidrogênio ao radical livre, interrompendo, assim, as reações em cadeia da oxidação, formando um produto final estável (SHERWIN, 1998).

A contagem de microrganismos aeróbios mesófilos encontra-se na Tabela 8. Observa-se que durante o período de estocagem houve aumento

progressivo de microorganismos (4,5 a 6,2 log UFC/g), sem, contudo, apresentar diferença considerável entre as formulações. Desta forma, evidencia-se que a adição da farinha do resíduo de acerola não alterou o crescimento microbiano, portanto, não apresentou ação antimicrobiana.

**Tabela 8.** Contagem total de microrganismos aeróbios mesófilos (log UFC/g) em hambúrguer de carne bovina aditivado com farinha do resíduo de acerola armazenado em refrigeração (4°C) por 8 dias.

Tratamentos	Dias de armazenamento				
	0	2	4	6	8
Controle	4,6	5,0	5,3	5,6	6,2
F1	4,6	5,1	5,1	5,7	6,0
F2	4,5	4,9	5,2	5,7	6,1
BHT	4,6	4,9	5,1	5,6	6,2

A legislação brasileira não determina valores mínimos e máximos para a contagem total de microrganismos aeróbios mesófilos, entretanto resultados semelhantes ao do presente estudo foram encontrados por Realini et al., (2015) ao avaliarem os efeitos da adição do extrato de acerola sobre a vida de prateleira de hambúrgueres de carne moída aos 1, 3, 6 e 8 dias de armazenamento a 4°C. Durante este período o crescimento microbiano ficou entre 4,6 e 5,9 log UFC/g, demonstrando que o extrato não apresentava efeito antimicrobiano.

A contagem de coliformes termotolerantes (*E. coli*) foi inferiores a 2 log UFC/g até o 6 dia de estocagem em todas as formulações, porém, no último dia de armazenamento (8º dia), todas as formulações apresentaram contagem de *E.coli* superior a 3 log UFC/g (Tabela 9). A Resolução – RDC nº12, de 2 de janeiro de 2001, da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA, 2001) estabelece para produtos cárneos (hambúrgueres) armazenados resfriados ou congelados contagem máxima de 10<sup>3</sup> UFC/g (3log UFC/g) para coliformes termotolerantes (*E. coli*). Observa-se, portanto, que a partir do 8º dia de armazenamento, todas as formulações não atendiam ao estabelecido pela legislação. Entretanto, vale mencionar que a adoção de práticas higiênicas durante o processamento dos hambúrgueres, associada a refrigeração a 4°C, permitiram manter o produto próprio para consumo até o 6º dia de armazenamento.

**Tabela 9.** Contagem de *E. coli* (log UFC/g) em hambúrguer de carne bovina aditivado com farinha do resíduo de acerola armazenado em refrigeração (4°C) por 8 dias.

Tratamentos	Dias de armazenamento				
	0	2	4	6	8
Controle	< 2	< 2	< 2	< 2	3,7
F1	< 2	< 2	< 2	< 2	3,6
F2	< 2	< 2	< 2	< 2	3,3
BHT	< 2	< 2	< 2	< 2	3,5

## CONCLUSÃO

A farinha de acerola, obtida a partir do resíduo agroindustrial, mostrou-se eficiente em promover a estabilidade oxidativa de hambúrgueres bovinos, armazenados em refrigeração (4°C), por até 8 dias, sem, contudo, exibir ação antimicrobiana. A incorporação dessa farinha na formulação de hambúrgueres, na proporção de 1 ou 2%, retardou a oxidação da mioglobina e dos lipídeos, sem alterar as características de cor e a composição química do produto. Desta forma, a farinha de acerola pode ser considerada como alternativa viável a ser empregada como antioxidante natural em produtos cárneos, em substituição, total ou parcial, aos sintéticos. Além disso, a utilização da farinha do resíduo agroindustrial da acerola agrega valor ao subproduto do processamento da acerola, reduzindo, também o impacto ambiental resultante do descarte deste material no meio ambiente.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALOTHMAN, M.; BHAT, R.; KARIM, A. A. Antioxidant capacity and phenolic content of select tropical fruits from Malaysia, extracted with different solvents. **Food Chemistry**, Barking, v. 115, n. 3, p. 785-788, 2009.

AN B. J; KWAK J. H.; SON J. H; PARK J. M; LEE J. Y; JO C. Biological and anti-microbial activity of irradiated green tea polyphenols. **Food Chem.** n.88, p. 549–555, 2004.

ANGOR, M.M; AL-ABDULLAH, B. M. Attributes of low-fat beef burgers made from formulations aimed at enhancing product quality. **Journal of Muscle Foods.** n. 21, p. 317–326, 2010.

AOAC. Association of Official Analytical Chemist International. **Official Methods of Analysis of AOAC International.** 18.ed. Gaithersburg (MD), 2002.

AOAC. Association of Official Analytical Chemist International. **Official Methods of Analysis of AOAC International.** 17.ed. Gaithersburg (MD), 1170p. 2000.

ARAÚJO, J. M. A. **Química de alimentos: teoria e prática.** 4. ed. atual. e ampl. Viçosa: UFV- Universidade Federal de Viçosa, 2008. 596p.

AYALA-ZAVALA, J. F.; VEJA-VEJA, V.; ROSAS-DOMÍNGUEZ, C.; PALAFOX-CARLOS, H; VILLA-RODRIGUEZ, J. A.; SIDDIQUI, M. D. W.; DÁVILA-AVIÑA, J. E.; GONZÁLEZ-AGUILAR, G. A. Agro-industrial potencial of exotic fruit by products as a source of food additives. **Food Research International**, Amsterdam, v. 44, n. 7, p. 1866-1874, 2011.

BABBAR, N.; OBEROI, H.S.; UPPAL, D.S.; PATIL, R.T. Total phenolic content and antioxidant capacity of extracts obtained from six important fruit residues. **Food Research International**, Amsterdam, v. 44, n. 1, p. 391-396, 2011.

BASTOS, S.C.; PIMENTA, M.E.S.G.; PIMENTA, C.J.; REIS, T.A.; PINHEIRO, A.C.M.; FABRÍCIO, L.F.F.; LEAL, R.S. Alternative fat substitutes for beef burger technological and sensory characteristics. **Journal Food Science Technology.** N. 51, v. 9, p. 2046 – 2053, 2014.

BECKER, E. M.; NISSEN, L. R.; SKIBSTED, L. H. Antioxidant evaluation protocols: Food quality or health effects. **European Food Research and Technology**, Berlin, v. 219, p. 561–571, 2004.

BESBES, S.; HAMADI ATTIA, C.D.; SAKANDER, M.; BLECKER, C. Partial replacement of meat by pea fiber and wheat fiber: effect on the chemical composition, cooking characteristics and sensory properties of beef burgers **Journal of Food Quality.** Belgium. n. 31,p. 480–489, 2008.

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

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Manual de métodos oficiais para análise de alimentos. Brasília, DF, 2017a.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Decreto nº 9.013, de 29 de março de 2017. Dispõe sobre o regulamento da inspeção industrial e sanitária de produtos de origem animal, Brasília, DF, 2017b.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa Nº 20, de 21 de julho de 1999. Oficializa os métodos analíticos físico-químicos, para controle de produtos cárneos e seus ingredientes - sal e salmoura. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 27 de julho de 1999.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa e Agropecuária. Instrução Normativa Nº 20, de 31 de julho de 2000. Aprova os regulamentos técnicos de identidade e qualidade de almôndega, de apresuntado, de fiambre, de hambúrguer, de kibe, de presunto cozido e de presunto. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 03 de agosto de 2000.

BRASIL. Ministério da Saúde, Agência Nacional de Vigilância Sanitária – ANVISA. **Portaria nº 1004, de 11 de dezembro de 1998**. Atribuição de funções de aditivos, aditivos e seus limites máximos de uso para a categoria 8 – carnes e produtos cárneos. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 14 de dezembro de 1998.

BRASIL. Resolução RDC nº 12, de 2 de Janeiro de 2001. Aprova o regulamento técnico sobre padrões microbiológicos para alimentos. Brasília, 2001.

BRUM, F. B.; MACAGNAN, F. T.; MONEGO, M. A.; KAMINSKI, T. A.; SILVA, L. P. Aplicação de ácido fítico em produto cárneo tipo hambúrguer. **Revista do Instituto Adolfo Lutz**, São Paulo, v. 70, n. 1, p. 47-52, 2011.

CAMPOS, G. C. M.; TOLEDO, M. C. F. Determinação de BHA, BHT e TBHQ em óleos e gorduras por cromatografia líquida de alta eficiência. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, v. 3, p. 65-71, 2000.

CHAN, W. K. M.; FAUSTMAN, C.; DECKER, E. A. Oxymyoglobin oxidation as affected by oxidation products of phosphatidylcholine liposomes. **Journal of Food Science**, Malden, v. 62, n. 4, p. 709-712, 1997.

COSTA, C. C; GUILHOTO, J. J. M.; IMORI, D. Importância dos setores agroindustriais na geração de renda e emprego para a economia brasileira. **Rev. Econ. Sociol. Rural**. v.51, n.4, Brasília, Oct./Dec. 2013.

COPPEN, P. P. The use of antioxidants. In: ALLEN, J. C.; HAMILTON, R. J. **Rancidity in food**. 3. Ed. UK: Chapman & Hall, 1994. Cap. 5, p. 85-103.

DAMODARAN, S.; PARKIN, K. L.; FENNEMA, O. R. **Química de Alimentos de Fennema**. Porto Alegre: Artmed, 2010. 900p.

DAS, A. K., RAJKUMAR, V., VERMA, A. K., SWARUP, D. Moringa oleifera leaves extract: a natural antioxidant for retarding lipid peroxidation in cooked goat meat patties. **International Journal of Food Science and Technology**, 47, 585-591, 2012.

FELLOWS, P. J. **Tecnologia de processamento de alimentos: princípios e práticas**. 2ed. Porto Alegre: Artmed, 2006. P. 19-21.

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

FERREIRA, M. S.; MÁRSICO, E. T.; MEDEIROS, R. J.; POMBO, C. R.; FREITAS, M. Q.; SÃO CLEMENTE, S. C.; CONTE-JUNIOR, C. A. Comparação das características físico-químicas e sensoriais de hambúrgueres de carne bovina elaborados com cloreto de sódio, polifosfato e transglutaminase. **Revista Brasileira de Medicina Veterinária**, v. 34, n. 1, p. 52-60, 2012.

GÁMBARO, A; FISZMAN, S; GIMÉNEZ, A; VARELA, P; SALVADOR, A. **Consumer Acceptability Compared with Sensory and Instrumental Measures of White Pan Bread: Sensory Shelf-life Estimation by Survival Analysis**. Sensory and Nutritive Qualities of Food, 2004.

GONZALEZ-AGUILAR, G.; ROBLES-SANCHEZ, R.M.; MARTÍNEZ-TELLEZ, M.A; OLIVAS, G.I.; ALVAREZ-PARILLA, E.; ROSA, L.A. Biocative compounds in fruits: health benefits and effect of storage conditions. **Stewart Postharvest Review**, Quebec, v.4, n.3, p. 1-10, 2008.

INFANTE, J.; SELANI, M.M.; TOLEDO, N.M.V.; SILVEIRA-DINIZ, M.F.; ALENCAR, S.M.; SPOTO, M.H.F. Atividade antioxidante de resíduos agroindustriais de frutas tropicais. **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v.24, n. 1, p. 87-91, 2013.

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

JO C.; SON J. H; SOHN C. B; BYUN M. W. Functional properties of raw and cooked pork patties with added irradiated, freeze-dried green tea leaf extract powder during storage at 4 °C. **Meat Sci**. n. 64, p. 13-17, 2003.

JUNTACHOTE T, BERGHOFER E, SIEBENHANDL S, BAUE F. The antioxidative properties of Holy basil and Galangal in cooked ground pork. **Meat Sci**. n. 72, p. 446-456, 2001.

KARAKAYA, M., BAYRAK, E., ULUSOY, K. Use of natural antioxidants in meat and meat products. **Journal of Food Science and Engineering**, v.1, p. 1-10, 2011.

LEITE, B. Z.; PAWLOWSKY, U. Alternativas de minimização de resíduos em uma indústria de alimentos da região metropolitana de Curitiba. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, Rio de Janeiro, v. 10, n. 2, p. 96-106, 2005

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

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

MCBRIDE N. T. M; HOGAN S. A; KERRY J. P. Comparative addition of rosemary extract and additives on sensory and antioxidant properties of retail packaged beef. **Int J Food Sci Tech**. n. 42, p. 1201-1207, 2007.

McCARTHY, T. L.; KERRY, J. F.; LYNCH, P. B.; BUCKLEY, D. J. Evaluation of the oxidant potential os natural food/ plant extracts as compared with synthetic antioxidants and vitamin E in raw and cooked pork patties. **Journal of meat Science.**, v. 58, n. 1, p. 45-52, 2001.

MELO, E. A.; GUERRA, N. B. Ação antioxidante de compostos fenólicos naturalmente presentes em alimentos. **Boletim da Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 36, n. 1, p. 1-11, 2002.

MENDES, T. F. **Optimização de Produtos Reestruturados de Carne de Perna de Borrego**. 2011. 97p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Alimentar) – Instituto Superior de Agronomia, Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa, 2011.

MEZADRI, T.; PEREZ-GALVEZ, A.; HORNERO-MENDEZ, D. Carotenoid pigments in acerola fruits (*Malpighia emarginata* DC.) and derived products. **European Food Research Technology** 220, 63–69, 2006.

MILANI, L. I. G.; TERRA, N. N.; FRIES, L. L. M.; KUBOTA, E. H. Efeitos de extratos de caqui (*diospyros kakis* L.) nas características sensoriais e na estabilidade da cor de hambúrgueres de carne bovina congelado. *Semina. Ciên. Agr.*, v. 33, n. 3, p. 1085 – 94, 2012.

MUTHUKUMAR, M.; NAVEENA, B. M.; VAITHIYANATHAN, S.; SEM, A. R.; SURESHKUMAR, K. Effect of incorporation of Moringa oleifera leaves extract on quality of ground pork patties. **J Food Sci Technol**, n. 51, v. 11, P. 3172–3180, nov. 2014.

NASSARL, M. P. M.; ALMEIDA, V. C. N.; RODRIGUES, V. P.; LEONARDO, L.; AKL, E. R. Reestruturados e empanados (*nuggets*) de carne bovina: estudo da aceitação sensorial por alunos na alimentação escolar no município de

Barretos, SP. **Ciência e Cultura – Revista Científica Multidisciplinar do Centro Universitário da FEB**, v. 8, n. 1, p. 65-74, 2012.

NAVEENA, B. M.; SEN A. R.; VAITHIYANATHAN S; MUTHUKUMAR M; BABJI Y. Effect of honey and vitamin C on quality of microwave cooked chicken patties. **J Food Sci Technol**. n. 44, p. 505-508, 2007.

O' SULLIVAN A, O' SULLIVAN K, GALVIN K, MOLONEY AP, TROY DJ, KERRY JP. Influence of concentrate composition and forage type on retail packaged beef quality. **J AniSci**. 2004;82:2384–2391.

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

OLIVO, R.; SANTOS, M. N.; FRANCO, F. O. Carne de frango e nutrição. In: OLIVO, R. et al. **O mundo do frango**. São Paulo: Rubison Olivo, 2006. cap 55, p 672-673.

ORDÓÑEZ PEREDA, J. A.; CAMBERO RODRÍGUEZ, M. I.; FERNÁNDEZ ÁLVARES, L.; GARCIA SANZ, M, L. (Org.). **Tecnologia de alimentos: Alimentos de origem animal**. Porto Alegre: Artmed, v.2, 2005. p. 279.

PAGLARINI, C. S. Utilização de extratos comerciais derivados de plantas em produtos cárneos: avaliação da atividade antioxidante. 2015. Dissertação (mestrado) - Campinas Faculdade de Engenharia de Alimentos, USP, Campinas, 2015.

PEREIRA, M.G.; TERRA, N.N.; KUBOTA, E.H. **Aplicação de antioxidantes naturais em carne mecanicamente separada (CSM) de aves**. 2009. 128f. Dissertação (Mestrado em Ciencia e Tecnologia de Alimentos) – Centro de Ciencias Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, 2009.

PIRES, M. A. **Avaliação da capacidade antioxidante de extratos comerciais de alecrim e chá verde e sua influência na estabilidade de hambúrgueres de frango durante armazenamento congelado**. 2014. 105f. Dissertação (mestrado) – Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, USP, Pirassununga, 2014.

PRADO FILHO, H.R. do. Os negócios da água e do lixo. *Banas Qualidade – gestão, processos e meio ambiente*, São Paulo, ano XI, nº 123, p. 75-78, agosto 2002.

QUEIROZ, Y. U.; DAUD, K. O.; SOARES, R. A. M.; SAMPAIO, G. R.; CAPRILES, V. D.; TORRES, E. A. F. S. Desenvolvimento e avaliação das propriedades físicoquímicas de hambúrgueres com reduzidos teores de gordura e de colesterol. **Revista Nacional da Carne**, v. 338, p. 84-89, 2005.

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

REALINI, C. E.; GUÀRDIA M. D.; DÍAZ I.; GARCÍA-REGUEIRO J. A; ARNAU J. Effects of acerola fruit extract on sensory and shelf-life of salted beef patties from grinds differing in fatty acid composition. **Meat Sci.** 2015, n.99, p. 18-24.

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

SHAH, M. A., BOSCO, S. J. D., MIR, S. A. Plant extracts as natural antioxidants in meat and meat products. **Meat Science**, 98, 21–33, 2014.

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

SHERWIN E. R. Oxidation and antioxidants in fat and oil processing. **J Am Oil Chem Soc.** n. 55, p. 809-814, 1998.

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

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

TERRA, N. N. **Apontamentos de tecnologia de carnes.** São Leopoldo: Unisinos, 1998. p. 216.

TERRA, N. N. Fermentação Carne: Princípios e Inovações. In: SHIMOKOMAKI, M. et al. **Atualidades em Ciência e Tecnologia dos Alimentos.** São Paulo: Livraria Varela, p. 29-36. 2006.

VYNCKE, W. Direct determination of the TBA value in trichloroacetic acid extract of fish as a measure of oxidative rancidity. **Fette Seifen Anstrichmittel**, Jahrgang, v. 72, n. 12, p. 1984-1987, 1970.

WEBER, C. I. Extração de fitase endógena de farelo de arroz integral sua aplicação na produção de ingrediente com baixo teor de ácido fítico e avaliação da adição em dietas para frangos de corte. 2012. 103f. Tese (Doutorado em Ciência de Alimentos) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, PR, 2012.

WEISS, J.; GIBIS, M.; SCHUH, V.; SALMINEN, H. Advances in ingredients and processing systems for meat and meat products. **Meat Science**. Germany. N.86, p. 196-213, 2010.

YANG, A. Warmed-over flavor and lipid stability of beef: effects of prior nutrition. **Food and Chemical Toxicology**. Richmond, v. 67, n. 9, p. 3309 – 3313, sept., 2002.