



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE ALIMENTOS
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE ALIMENTOS

JULIANA MARIA MAIA FREIRE

**EFEITO ANTIOXIDANTE DO EXTRATO DE RESÍDUOS DO PROCESSAMENTO
DA ACEROLA (*MALPIGHIA EMARGINATA*) NA ESTABILIDADE OXIDATIVA DE
HAMBÚRGUER DE CARNE BOVINA**

FORTALEZA

2021

JULIANA MARIA MAIA FREIRE

EFEITO ANTIOXIDANTE DO EXTRATO DE RESÍDUOS DO PROCESSAMENTO
DA ACEROLA (MALPIGHIA EMARGINATA) NA ESTABILIDADE OXIDATIVA DE
HAMBÚRGUER DE CARNE BOVINA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Engenharia de Alimentos do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do grau de Bacharel em Engenharia de Alimentos.

Orientadora: Prof^ª. Dra. Elisabeth Mary Cunha da Silva

Coorientadora: Prof^ª. Dra. Ana Paula Colares de Andrade

FORTALEZA

2021

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca Universitária
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

- F933e Freire, Juliana Maria Maia.
Efeito antioxidante do extrato de resíduos do processamento da acerola (*Malpighia emarginata*) na estabilidade oxidativa de hambúrguer de carne bovina / Juliana Maria Maia Freire. – 2021.
41 f. : il.
- Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Curso de Engenharia de Alimentos, Fortaleza, 2021.
Orientação: Profa. Dra. Elisabeth Mary Cunha da Silva.
Coorientação: Profa. Dra. Ana Paula Colares de Andrade.
1. Oxidação lipídica. 2. Antioxidante natural. 3. Produto cárneo. I. Título.

CDD 664

JULIANA MARIA MAIA FREIRE

EFEITO ANTIOXIDANTE DO EXTRATO DE RESÍDUOS DO PROCESSAMENTO DA
ACEROLA (MALPIGHIA EMARGINATA) NA ESTABILIDADE OXIDATIVA DE
HAMBURGUER CARNE BOVINA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Engenharia de Alimentos do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do grau de Bacharel em Engenharia de Alimentos.

Aprovada em: ___/___/_____.

BANCA EXAMINADORA

Prof^a. Dra. Elisabeth Mary Cunha da Silva (Orientadora)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof^a. Dra. Ana Paula Colares de Andrade (Coorientadora)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Ma. Neliane Pereira do Nascimento
Universidade Federal do Ceará (UFC)

A Deus.

Aos meus pais, Deoclécio e Francisca.

À minha irmã, Janaína.

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela dádiva da vida e por todas as bênçãos concedidas ao longo dessa caminhada.

Aos meus pais, Francisca e Deoclécio, e minha irmã Janaína, pelo apoio incondicional e dedicação. A vocês, o meu amor e a minha gratidão. Vocês são a razão da minha vida.

Aos meus demais familiares, por sempre acreditarem em mim e me apoiarem.

À minha orientadora Prof^a. Dra. Elisabeth Mary Cunha da Silva, pela confiança e pelos valiosos ensinamentos transmitidos ao longo dos anos em que estive no Laboratório de Carnes e Pescado.

À minha coorientadora Prof^a. Dra. Ana Paula Colares de Andrade, por toda a orientação e contribuição que foram essenciais na elaboração deste trabalho.

À Ma. Neliane Pereira do Nascimento, por gentilmente ter aceitado participar da banca de avaliação desse trabalho.

À Universidade Federal do Ceará.

Ao corpo docente e demais funcionários do Departamento de Engenharia de Alimentos da Universidade Federal do Ceará por todo o conhecimento transmitido durante a graduação.

Ao Luiz Bitu e Janevane Castro, técnicos do laboratório de Carnes e Pescado, por toda a ajuda e orientações ao longo dos anos em que estive no Laboratório de Carnes e Pescado.

As minhas amigas, Maryana e Bárbara, que estiveram comigo em todos os momentos vividos na graduação. Agradeço a vocês por terem tornado esse caminho bem mais fácil e feliz.

À Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico (FUNCAP), pelo apoio financeiro.

RESUMO

Os produtos cárneos são vulneráveis à oxidação lipídica, causa principal de desenvolvimento de sabor e odor desagradáveis, reduzindo a vida útil e levando a formação de compostos tóxicos. A adição de antioxidantes constitui prática comum para aumentar a estabilidade dos lipídios presentes nesses produtos, no entanto, por possíveis riscos à saúde humana, é cada vez maior o interesse por alternativas naturais. Este trabalho teve como objetivo avaliar o efeito antioxidante do extrato de resíduos de acerola (*Malpighia emarginata*) na estabilidade oxidativa de hambúrguer de carne bovina. Foram elaborados quatro extratos: aquoso, hidroetanólico, hidrometanólico e hidroacetônico utilizando os resíduos (cascas e sementes) de acerola de uma indústria processadora de polpa em Fortaleza (CE). Os extratos foram analisados quanto ao teor de compostos fenólicos e atividade antioxidante total, sendo selecionado o extrato hidrometanólico por apresentar maior teor destes compostos e maior atividade antioxidante total. Foram elaboradas quatro formulações de hambúrgueres de carne bovina: sem adição de antioxidante - F1 (Formulação Padrão); adicionado do antioxidante BHT - F2; adicionado de extrato de acerola contendo 200 mg de fenólicos/kg hambúrguer - F3 e adicionado de extrato de acerola contendo 300 mg fenólicos/kg - F4. As formulações foram analisadas quanto à composição centesimal (umidade, proteína, lipídios, cinzas e carboidratos), pH, cor (L^* , a^* e b^* , C e h), capacidade de retenção de água (CRA), perda de peso por cocção (PPC), redução do tamanho (RT) e estabilidade oxidativa (pH, cor e determinação das substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico - TBARS) durante o armazenamento congelado ($-18\text{ }^{\circ}\text{C}$), por 60 dias. A F1 atendeu à legislação vigente de caracterização físico-química para hambúrguer. Os valores de pH variaram de 5,62 a 5,82. Observou-se que na F4 o extrato contribuiu para a manutenção do parâmetro de cor a^* . As formulações 2 e 4 contendo BHT e adicionadas de extrato hidrometanólico de acerola (300 mg fenólicos/kg) respectivamente, foram as que melhor inibiram a oxidação lipídica até os 60 dias de armazenamento, apresentando as menores produções de malonaldeído. Assim, a adição do extrato de resíduos de acerola mostrou-se como uma alternativa eficaz ao antioxidante sintético BHT na prevenção da oxidação lipídica de hambúrgueres de bovino.

Palavras-chave: Oxidação lipídica. Antioxidante natural. Produto cárneo.

ABSTRACT

Meat products are vulnerable to lipid oxidation, the main cause of unpleasant taste and odor development, reducing shelf life and leading to the formation of toxic compounds. The addition of antioxidants is a common practice to increase the stability of lipids present in these products, however, due to possible risks to human health, the interest in natural alternatives is increasing. This work aimed to evaluate the antioxidant effect of the extract of acerola (*Malpighia emarginata*) residues on the oxidative stability of beef hamburger and compare it with the synthetic antioxidant BHT (butyl-hydroxytoluene). Four extracts were prepared: aqueous, hydroethanolic, hydromethanolic and hydroacetic, using the residues (peels and seeds) of acerola from a pulp processing industry in Fortaleza (CE). The extracts were analyzed for the content of phenolic compounds and antioxidant activity. The hydromethanolic extract was chosen for presenting the highest content of phenolic compounds and higher antioxidant activity. Four hamburger formulations were prepared: without added antioxidant - F1 (Standard Formulation); with added antioxidant BHT - F2; with added acerola extract containing 200 mg phenolics/kg burger - F3 and with added acerola extract containing 300 mg phenolics/kg - F4. The formulations were analyzed regarding the centesimal composition (moisture, protein, lipids, ash, and carbohydrates), pH, color (L^* , a^* and b^* , C and h), water holding capacity, cooking weight loss, size reduction and oxidative stability (pH, color, and determination of thiobarbituric acid reactive substances - TBARS) during the frozen storage ($-18\text{ }^{\circ}\text{C}$) for 60 days. The standard formulation (F1) complied with the current legislation of physical-chemical characterization for hamburger. The pH values ranged from 5.62 to 5.82. It was observed that in F4 the extract contributed to the maintenance of the color parameter a^* . Formulations 2 and 4 containing BHT and added acerola extract (300 mg phenolic/kg), respectively, were the ones that best inhibited lipidic oxidation until 60 days of storage, presenting the lowest production of malonaldehyde. Thus, the addition of acerola extract was shown to be an effective alternative to the synthetic antioxidant BHT in preventing lipid oxidation of beef burgers.

Keywords: Lipid oxidation. Natural antioxidant. Meat product.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Mecanismo da oxidação lipídica	18
Figura 2 – Antioxidantes sintéticos mais utilizados em alimentos	22

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	– Aplicações de extratos obtidos de plantas como antioxidantes naturais	20
Tabela 2	– Formulações de hambúrgueres bovinos com e sem antioxidante	25
Tabela 3	Capacidade Antioxidante Total (Equivalente ao Trolox) pelo método ABTS+ e concentração de compostos fenólicos totais em resíduos secos de polpa de acerola	29
Tabela 4	– Composição centesimal dos hambúrgueres bovinos da formulação padrão (F1)	30
Tabela 5	– Capacidade de retenção de água (CRA), redução de tamanho (RT) e perda de peso por cocção (PPC) das formulações de hambúrgueres de carne bovina	31
Tabela 6	– Valores de TBARS (substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico) durante o período de 60 dias de estocagem sob congelamento (-18 °C)	32
Tabela 7	– Valores de pH das formulações de hambúrgueres de carne bovina durante 60 dias de estocagem sob congelamento (-18 °C)	33
Tabela 8	– Parâmetros de cor das formulações de hambúrgueres com 15 dias de estocagem sob congelamento (-18 °C)	34
Tabela 9	– Parâmetros de cor das formulações de hambúrgueres com 60 dias de estocagem sob congelamentos (-18 °C)	34

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

BHA	Butil-hidroxianisol
BHT	Butil-hidroxitolueno
CRA	Capacidade de retenção de água
PG	Galato de propila
PPC	Perda de peso por cocção
RT	Redução de tamanho
TBARS	Thiobarbituric acid reactive substances
TBHQ	Tercbutil-hidroquinona

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
2	OBJETIVOS	16
2.1	Geral	16
2.2	Específicos	16
3	REVISÃO DE LITERATURA	17
3.1	Oxidação lipídica	17
3.2	Substâncias antioxidantes	19
3.2.1	<i>Antioxidantes sintéticos</i>	20
3.2.2	<i>Antioxidantes naturais</i>	21
3.2.3	<i>Potencial antioxidante de resíduos do processamento de acerola</i>	23
4	METODOLOGIA	24
4.1	Material	24
4.2	Obtenção dos extratos	24
4.3	Avaliação dos extratos	24
4.3.1	<i>Determinação de compostos fenólicos nos extratos</i>	24
4.3.2	<i>Determinação da atividade antioxidante total dos extratos</i>	25
4.4	Elaboração dos hambúrgueres	25
4.5	Avaliação físico-química dos hambúrgueres	26
4.5.1	<i>Composição centesimal e valor calórico</i>	26
4.5.2	<i>Capacidade de retenção de água (CRA)</i>	26
4.5.3	<i>Perda de peso por cocção (PPC) e Redução do tamanho (RT)</i>	27
4.6	Avaliação da estabilidade oxidativa dos hambúrgueres	27
4.6.1	<i>pH</i>	27
4.6.2	<i>Cor</i>	28
4.6.3	<i>Substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS)</i>	28
4.7	Análise estatística	28
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	29
5.1	Compostos fenólicos totais e atividade antioxidante total dos extratos de acerola	29
5.2	Avaliação físico-química dos hambúrgueres	30
5.2.1	<i>Composição centesimal e valor calórico</i>	30

5.2.2	<i>Capacidade de retenção de água, Perda de peso por cocção e Redução do tamanho</i>	30
5.3	<i>Avaliação da estabilidade oxidativa dos hambúrgueres</i>	31
5.3.1	<i>Substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS)</i>	31
5.3.2	<i>pH</i>	32
5.3.3	<i>Parâmetros de cor (L*, a*, b*, C e h)</i>	33
6	CONCLUSÃO	37
	REFERÊNCIAS	38

1 INTRODUÇÃO

O hambúrguer é um produto bastante consumido em diversos países, essa procura está associada principalmente a sua facilidade de preparo e suas agradáveis características sensoriais. Entende-se por hambúrguer o produto cárneo industrializado obtido da carne moída dos animais de açougue, adicionado ou não de tecido adiposo e ingredientes, moldado e submetido a processo tecnológico adequado. Trata-se de um produto cru, semi frito, cozido, frito, congelado ou resfriado (BRASIL, 2000).

Após a sua elaboração, os produtos cárneos exigem atenção especial já que são bastante suscetíveis a modificações em suas características químicas e sensoriais provocadas principalmente pela oxidação lipídica durante o armazenamento. A oxidação lipídica da carne acontece devido às alterações químicas resultantes da interação do lipídio com o oxigênio. Além de afetar as características de aroma e cor, a oxidação de lipídios gera mudanças na composição lipídica, alterações na capacidade de retenção de água, textura e valor nutricional, bem como a formação de substâncias tóxicas (BUCKLEY et al., 1995; GRAY et al., 1996; RESCONI et al., 2013).

Os principais antioxidantes utilizados em hambúrgueres comerciais são compostos fenólicos, como butil-hidroxianisol (BHA), butil-hidroxitolueno (BHT), tercbutil hidroquinona (TBHQ) e galato de propila (PG). Estes são denominados de antioxidantes primários, atuando na etapa da iniciação da oxidação lipídica. Eles são amplamente utilizados pela indústria de alimentos, pois possuem alto poder antioxidante e são de baixo custo (HUANG et al., 2011), mas por motivo de risco potencial à saúde humana, vêm sendo substituídos por antioxidantes naturais provenientes de várias fontes vegetais, considerados mais seguros à saúde (CONEGLIAN et al., 2011).

As circunstâncias acima citadas despertam o interesse na utilização de antioxidantes de fontes naturais na elaboração de produtos cárneos. A acerola (*Malpighia emarginata*) é fruto um delicado e originário das Antilhas (JACOB, 1996), possui compostos bioativos, como os polifenóis, que possuem propriedade antioxidante, podendo atuar minimizando os danos oxidativos a esses produtos.

É importante ressaltar também que as cascas e as sementes são frequentemente os maiores componentes de vários frutos e geralmente não recebem a devida atenção. Neste sentido, não ocorre o reaproveitamento deste material e ele é descartado causando impacto ambiental, possivelmente, em decorrência da falta de valor comercial (SOONG e BARLOW, 2004).

Diante do exposto, este trabalho teve como finalidade elaborar hambúrgueres adicionados de extrato de resíduos do processamento de polpa de acerola e comparar a estabilidade desses produtos com hambúrgueres com antioxidante sintético BHT, durante armazenamento sob congelamento (-18 °C) por um período de 60 dias, visando a utilização desse extrato como alternativa ao uso de antioxidantes sintéticos.

2 OBJETIVOS

2.1 Geral

Avaliar o efeito antioxidante do extrato de resíduos do processamento de polpa de acerola na estabilidade oxidativa de hambúrgueres estocados sob congelamento (-18°C) por um período de 60 dias.

2.2 Específicos

- Obter extratos aquoso, hidroacetônico, hidrometanólico e hidroetanólico de resíduos (cascas e sementes) do processamento de polpa de acerola;
- Determinar os compostos fenólicos totais e a atividade antioxidante dos extratos de resíduos de acerola e selecionar o extrato que contenha maior conteúdo desses compostos e maior atividade antioxidante total;
- Elaborar hambúrgueres bovinos com diferentes proporções do extrato selecionado de acerola e antioxidante sintético BHT;
- Determinar a composição centesimal (umidade, proteína, gordura, cinzas e carboidrato), o pH, a capacidade de retenção de água (CRA), a perda de peso por cocção (PPC) e a redução do tamanho (RT) dos hambúrgueres elaborados;
- Verificar a estabilidade oxidativa (pH, TBARS, cor) dos hambúrgueres bovinos durante a estocagem congelada;

3 REVISÃO DE LITERATURA

A oxidação lipídica é um dos principais processos que resultam na perda da qualidade da carne e produtos cárneos, juntamente com a deterioração microbiana. As reações microbiológicas são controladas com o uso de baixas temperaturas, já a oxidação lipídica continua a ocorrer em temperatura de congelamento, mesmo que em menor velocidade. Para minimizar a oxidação lipídica sabe-se que é importante a remoção do oxigênio do ambiente e a proteção contra a luz. Porém, essas medidas nem sempre são suficientes, por isso, é comum que os produtos sejam adicionados de substâncias antioxidantes para aumentar a estabilidade dos lipídios presentes nesses produtos (DECKER e XU, 1999).

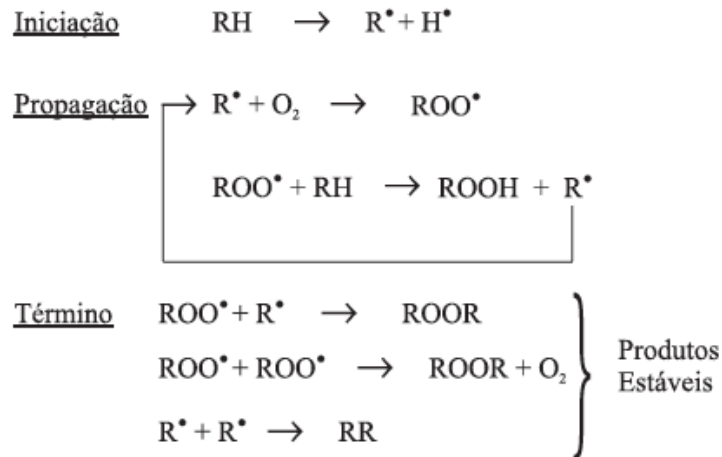
Hambúrguer é um produto oriundo da carne moída de animais de açougue, sendo o uso de tecido adiposo e outros ingredientes facultativos. Este processo tem como característica a moldagem da carne (BRASIL, 2000). A carne, quando moída e exposta ao ar, se torna mais vulnerável a acelerar o processo oxidativo (MORRISEY, 1998). A indústria de carnes tem buscado diversificar seus produtos processados, garantindo sua qualidade e um tempo de prateleira maior. Para isso, o uso de antioxidantes vem como uma alternativa econômica e industrial para prevenir a oxidação em alimentos cárneos (COTRIM, 2011). Para uma melhor compreensão da atuação dos antioxidantes e dos prejuízos causados pela oxidação lipídica, é necessária uma abordagem sobre esse processo.

3.1 Oxidação lipídica

Os lipídios são formados por uma mistura de tri, di e monoacilgliceróis, ácidos graxos livres, glicolipídios, fosfolipídios, esteróis e outras substâncias. Esses constituintes são oxidáveis em diferentes graus (BERSET e CUVÉLIER, 1996), sendo que os ácidos graxos insaturados são os mais suscetíveis a oxidação (COSGROVE et al., 1987).

A oxidação lipídica pode ocorrer por diferentes mecanismos, como a oxidação enzimática, fotoxidação e reações hidrolíticas, mas o principal é a autooxidação (BERGER e HAMILTON, 1995). Ela está associada à reação do oxigênio com ácidos graxos insaturados e de forma geral, ocorre em três etapas: iniciação, propagação e término. Farmer et al. (1942) apresentaram uma série de reações para explicar a autooxidação dos lipídios, demonstrada na Figura 1.

Figura 1 – Mecanismo da oxidação lipídica



onde: RH - Ácido graxo insaturado; R^{\bullet} - Radical livre;
 ROO^{\bullet} - Radical peróxido e ROOH - Hidroperóxido

Fonte: Ramalho e Jorge (2006)

Em produtos cárneos, a oxidação lipídica se inicia logo após o abate, os lipídios tornam-se suscetíveis aos fatores e agentes pró-oxidantes. Para minimizar a auto-oxidação dos lipídios devem ser evitados a presença de todos os fatores que favorecem o processo, como temperatura e luz, responsáveis pelo início do processo de formação de radicais livres. Neste contexto, os antioxidantes agem bloqueando o desenvolvimento dessas moléculas (JORGE e GONÇALVES, 1998).

As moléculas resultantes das reações oxidativas são altamente indesejáveis aos alimentos cárneos, uma vez que ocorre a produção de sabores e odores desagradáveis, além da formação de compostos tóxicos, resultando em perda da qualidade sensorial e diminuição da vida útil desses produtos (SOUZA, 2006). Assim é um fenômeno com implicação direta no valor comercial e na aceitação pelo consumidor. Estas consequências evidenciam que os antioxidantes apresentam um importante papel no processamento e estocagem dos alimentos (KLIMCZAK e PACHOLEK, 2002).

Como mencionado anteriormente, a oxidação lipídica dos produtos cárneos é influenciada por alguns fatores, como temperatura, luz, composição dos ácidos graxos e processamento do produto. O aumento da temperatura, provoca uma maior taxa de auto oxidação, afetando a cadeia de formação de hidroperóxidos e sua decomposição. As reações de propagação em cadeia e a decomposição dos peróxidos são aceleradas, resultando em aumento na concentração de radicais livres e na disseminação das cadeias de reação (REGITANO-D'ARCE, 2006).

A luz também acelera a oxidação dos lipídios, principalmente a luz ultravioleta e a luz visível de onda curta, elas favorecem a fotólise dos peróxidos em radicais livres e a decomposição de outros compostos (REGITANO-D'ARCE, 2006).

Quanto à composição de ácidos graxos, uma maior concentração de ácidos graxos insaturados resulta em uma maior vulnerabilidade do alimento a oxidação. Isso acontece porque a rancificação normalmente não ocorre em ácidos graxos saturados, a formação de um radical livre é energeticamente desfavorável, ocorrendo somente em condições drásticas de temperatura e por ruptura hemolítica da ligação C-H (carbono-hidrogênio) de uma cadeia carbônica saturada, podendo ocorrer a formação de radical livre (TRINDADE, 2007). Nos ácidos graxos insaturados, a presença de duplas ligações na cadeia carbônica reduz a energia necessária para a ruptura hemolítica das ligações C-H, viabilizando sua oxidação (BOBBIO e BOBBIO, 2001). O processamento dos produtos cárneos também influencia o processo oxidativo, por exemplo, nos emulsificados, moídos e restruturados, a ruptura da estrutura do músculo e exposição dos lipídios estabelece um ambiente pró-oxidante (MONAHAN, 2000).

A oxidação lipídica em carnes pode ser acompanhada através do valor de TBARS, visto que produtos primários de oxidação lipídica são constituídos principalmente de hidroperóxidos, os quais são rapidamente decompostos em várias substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS), particularmente carbonilas, sendo o malonaldeído o elemento mais importante (PADILHA, 2007).

3.2 Substâncias antioxidantes

Os antioxidantes devem possuir diversas características desejáveis para que desempenhem um bom papel nos alimentos, por exemplo, devem ser eficazes em baixas concentrações (até 0,01%), não provocar efeitos negativos na cor, no odor, no sabor e em outras características do alimento, apresentar estabilidade nas condições de processamento e armazenamento e, o composto e seus produtos de oxidação, não podem ser tóxicos (BAILEY, 1996). Além dessas características mencionadas, devido ao potencial efeito nocivo à saúde dos antioxidantes sintéticos, nos últimos anos, a escolha de um antioxidante também deverá considerar a preferência do consumidor por antioxidantes naturais (RAFECAS et al., 1997).

De acordo com Bailey (1996), os antioxidantes são classificados em primários, sinergistas, removedores de oxigênio, biológicos, agentes quelantes e antioxidantes mistos. Antioxidantes primários são compostos fenólicos que fazem a remoção ou inativação dos radicais livres formados durante a iniciação ou propagação da reação de oxidação, essa ação é

exercida pela doação de átomos de hidrogênio a estas moléculas, o que resulta na inibição da reação em cadeia (SIMIC et al., 1994). Os antioxidantes mais conhecidos desse grupo são os polifenóis, como butil-hidroxianisol (BHA), butil-hidroxitolueno (BHT), terc-butil-hidroquinona (TBHQ) e propil galato (PG), que são sintéticos, e os tocoferóis, que são naturais (NAMIKI e CRIT, 1990). Tocoferóis são compostos naturais, com atividade antioxidante, amplamente encontrados em diversos tecidos e denominados como vitamina E (WANASUNDARA e SHAHIDI, 2005).

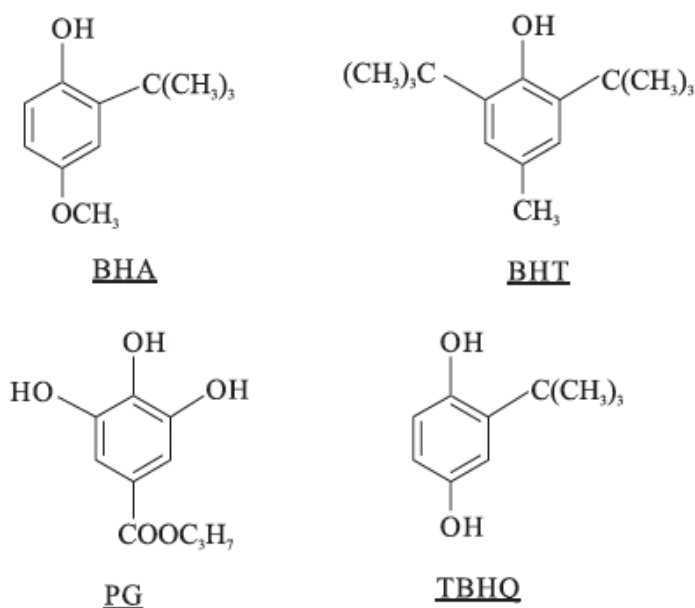
Os sinergistas são substâncias com pouca atividade antioxidante, mas que aumentam a atividade dos antioxidantes primários se usados em combinação com eles (BAILEY, 1996). Os removedores de oxigênio são substâncias que atuam capturando o oxigênio presente no meio, impedindo-o de atuar como propagador da autoxidação. O mais conhecido é o ácido ascórbico, que também pode atuar como sinergista (BAILEY, 1996; BELITZ e GROSCH, 1988).

Os antioxidantes biológicos envolvem várias enzimas, como glucose oxidase e catalases. Elas podem remover oxigênio ou compostos reativos de um sistema alimentício (BAILEY, 1996; KEHRER e SMITH, 1992). Os agentes quelantes complexam íons metálicos, que catalisam as reações de oxidação lipídica. Essa ação ocorre a partir de um par de elétrons não compartilhado na sua estrutura molecular, que promove a ação de complexação. Os mais utilizados são o ácido cítrico e seus sais (LABUZA, 1971). Os antioxidantes mistos são os compostos de plantas e animais que são estudados como antioxidantes em alimentos. Os antioxidantes naturais mais estudados são de fontes vegetais. Esses antioxidantes podem ser extraídos de diferentes partes da planta, como folhas, raízes, caules, frutos, sementes e casca (BAILEY, 1996). Os antioxidantes podem ainda ser classificados em sintéticos e naturais.

3.2.1 Antioxidantes sintéticos

Os antioxidantes sintéticos são muito utilizados na indústria de alimentos devido ao seu baixo custo e eficiente ação. Os mais comuns são polifenóis de origem sintética, com destaque para: butil-hidroxianisol (BHA), butil-hidroxitolueno (BHT), terc-butil-hidroquinona (TBHQ) e propil galato (PG) (RAMALHO e JORGE, 2006). As estruturas químicas desses compostos estão representadas pela Figura 2.

Figura 2 – Antioxidantes sintéticos mais utilizados em alimentos



Fonte: Ramalho e Jorge (2006)

Há vários anos, estudos em relação à toxicidade destes compostos são realizados, principalmente a partir de ensaios com roedores. Com base nos resultados desses estudos de toxicidade, o uso de antioxidantes sintéticos em alimentos é limitado. O TBHQ não é permitido no Canadá e na Comunidade Europeia (REISHE et al., 1997). No Brasil, o Ministério da Saúde limita 100 mg/kg para BHA, BHT e PG e 200 mg/kg para TBHQ como concentrações máximas permitidas (BRASIL, 1998). Esses limites podem ser alterados a qualquer momento, no caso de novos estudos sugiram tal necessidade. Por isso, é extremamente relevante a continuidade dos estudos toxicológicos e a busca por alternativas mais seguras.

3.2.2 Antioxidantes naturais

Os antioxidantes naturais mais estudados são de fontes vegetais. Esses antioxidantes podem ser extraídos de diferentes partes da planta, como folhas, raízes, caules, frutos, sementes e casca (BAILEY, 1996).

Diversos autores já relataram o uso de extratos de diversas plantas como antioxidantes naturais em produtos cárneos (Tabela 1). O extrato da folha de hortelã (*Mentha spicata L.*) foi avaliado por Kanatt et al. (2007) em carne de cordeiro. Folhas de chá verde foram utilizadas na carne de cabra (RABABAH et al., 2011). Folhas de chá verde, alecrim e extratos de pimenta vermelha doce foram aplicados à carne de porco cozida (WOJCIAK et al., 2011).

O extrato em pó de brócolis (*Brassia oleracea L.*) foi aplicado em nuggets de carne de cabra (BANERJEE et al., 2012). Extratos de gengibre (*Zingiber officinale Rosc.*), Cebola (*Allium cepa L.*) e alho (*A. sativum L.*) foram aplicados à carne de porco cozida (CAO et al., 2013). Das et al. (2012) aplicaram extrato de folha de Moringa (*Moringa oleifera*) em hambúrgueres de carne de cabra cozida em condições de armazenamento refrigerado.

Tabela 1 - Aplicações de extratos obtidos de plantas como antioxidantes naturais

Extrato	Concentração	Produto cárneo testado	Condições de armazenamento	Resultados	Referência
Extrato da folha de hortelã	0,1%	Carne de cordeiro	Temperatura refrigerada, 4 semanas	Extrato de folha de hortelã apresentou atividade antioxidante equivalente a BHT.	Kanatt et al. (2007)
Extrato de chá verde e extrato de semente de uva	500, 3000, 6000 ppm	Carne de cabra crua e cozida	5 °C, 9 dias	Eficaz na redução da oxidação lipídica. Extrato de semente de uva aumentou a coloração avermelhada, enquanto o extrato de chá verde a diminuiu.	Rababah et al., (2011)
Folhas de chá verde, alecrim e extratos de pimenta vermelha doce	10%	Carne de porco cozida	4 °C, 30 dias	Todos os extratos reduziram efetivamente a oxidação de lipídios em carne de porco cozida	Wojciak et al. (2011)
Extrato em pó de brócolis	1, 1.5, 2%	Nuggets de carne de cabra	Refrigerado, 16 dias	Reduziu oxidação lipídica	Banerjee et al. (2012)

Extratos de gengibre, cebola e alho	5 e 10%	Carne de porco cozida	4 °C, 12 dias	Reduziu oxidação lipídica	Cao et al. (2013)
Extrato da folha de Moringa	0,1%	Hambúrgueres de carne de cabra cozida	4 °C, 15 dias	A atividade antioxidante do extrato foi semelhante ao BHT	Das et al. (2012)

Fonte: Elaborada pela autora.

3.2.3 Potencial antioxidante de resíduos do processamento de acerola

A acerola (*Malpighia emarginata*) é muito utilizada em processamento de polpas de frutas, gerando resíduo agroindustrial que, geralmente, resulta em acúmulo de lixo e impacto ambiental. Os resíduos gerados, principalmente as cascas e as sementes são os maiores componentes desses frutos e não são aproveitados de forma adequada. A acerola tem um alto valor nutricional por ser fonte natural de vitamina C. No entanto, além desta vitamina, contém outros compostos bioativos, como os polifenóis, substâncias com propriedade antioxidante. Vários compostos fenólicos já foram identificados na acerola, incluindo compostos antociânicos como a pelargonidina, a malvidina 3,5-diglicosilada e a cianidina 3- glicosilada; compostos não antociânicos, como a quercetina, além de ácidos fenólicos incluindo p-cumárico, ferúlico, caféico e clorogênico, epigallocatequina, epicatequina, procianidina B1 e rutina (VENDRAMINI e TRUGO, 2004; MEZADRI et al. 2008; HANAMURA; HAGIWARA; KAWAGISHI, 2005).

Como mencionado anteriormente, esses compostos atuam minimizando danos oxidativos. Assim, como fonte de vitamina C e compostos fenólicos, a acerola tem um grande potencial na indústria alimentícia, podendo ser utilizada como suplemento nutricional ou aditivo para aumentar o valor nutricional de outros produtos (OLIVEIRA et al. 2012).

4 METODOLOGIA

4.1 Material

Os resíduos (cascas e sementes) da acerola foram cedidos por uma indústria produtora de polpa localizada na cidade de Fortaleza (CE) e transportados ao Laboratório de Carnes e Pescado da Universidade Federal do Ceará, onde foram submetidos a secagem em estufa com circulação de ar à temperatura de 50 °C. Depois, os resíduos desidratados foram triturados em multiprocessador, resultando em um pó uniforme, que foi mantido sob congelamento (-18 °C) até o momento da elaboração dos extratos. A carne bovina e outros ingredientes utilizados na elaboração dos hambúrgueres foram obtidos em supermercado local da cidade de Fortaleza (CE).

4.2 Obtenção dos extratos

A obtenção dos extratos aquoso, hidroacetônico, hidrometanólico, e hidroetanólico se deu da seguinte maneira: utilizou-se uma fração do resíduo desidratado e de cada solvente (água, acetona a 80 %, metanol a 80 % e etanol a 80 %), em uma proporção de 1:20. A mistura foi mantida por 2 min sob agitação permanente a 3000 rpm, utilizando homogeneizador de amostras tipo Turrax, e então, o material foi levado a uma centrifuga por 10 min a 10000 rpm, a 20 °C, e em seguida, filtrado. Os extratos obtidos foram acondicionados em recipientes tampados e mantidos sob congelamento (-18 °C) até o momento das análises.

4.3 Avaliação dos extratos

4.3.1 Determinação de compostos fenólicos nos extratos

Em ambiente escuro, foram adicionados em tubos de ensaio, 1 mL de cada um dos extratos de resíduos de acerola, 1 mL do reagente Folin Ciocalteu (1:3), 2 mL do carbonato de sódio (20%) e 2 mL de água destilada os quais foram homogeneizados. Após 30 minutos da adição dos reagentes, foram realizadas as leituras em espectrofotômetro a 700 nm (OBANDA e OWUOR, 1997). Foi utilizado como padrão o ácido gálico, nas concentrações de 0; 10; 20; 30; 40 e 50 µg/mL, para construir a curva de calibração. A partir da equação da reta obtida, foi realizado o cálculo do teor de fenólicos totais, expresso em mg de ácido gálico/100 g de amostra.

4.3.2 Determinação da atividade antioxidante total dos extratos

Foi determinada a atividade antioxidante total dos extratos pela captura do Radical Livre ABTS⁺ (2,2-azinobis (3-etilbenzotiazolina-6-ácido sulfônico). Em ambiente escuro, foi transferida uma alíquota de 30 µL de três diluições diferentes de cada um dos extratos para tubos de ensaio com 3,0 mL do radical ABTS⁺ e homogeneizados. Após 6 minutos da mistura, foi realizada a leitura em espectrofotômetro a 734 nm. Foi utilizado como padrão o trolox (6-Hidroxi-2,5,7,8-tetrametilchroman-2-ácido carboxílico), nas concentrações de 100 µM; 500 µM; 1000 µM; 1500 µM e 2000 µM, para construir a curva de calibração. A partir da equação da reta obtida, foi realizado o cálculo da atividade antioxidante total, expressa em µM trolox/g de amostra.

4.4 Elaboração dos hambúrgueres

Foram elaboradas quatro formulações de hambúrgueres de carne bovina conforme Tabela 2. Com exceção do antioxidante, todos os demais ingredientes foram adicionados na mesma quantidade para todas as formulações. As quantidades dos antioxidantes (extrato de resíduos de acerola e BHT) adicionados aos hambúrgueres foram baseadas nos resultados obtidos na análise de teor de fenólicos totais e conforme a legislação brasileira para antioxidantes sintéticos (BRASIL, 2006), respectivamente. A quantidade utilizada do extrato selecionado nas formulações 3 e 4, foi de 200 mg de compostos fenólicos/kg de hambúrguer e 300 mg de fenólicos/kg de hambúrguer, respectivamente (Adaptado de OLIVEIRA, 2014).

Tabela 2 – Formulações de hambúrgueres de carne bovina com e sem antioxidante (Adaptado de OLIVEIRA, 2014)

Ingredientes	F1(%)	F2 (%)	F3 (%)	F4 (%)
Carne	80	80	80	80
Gordura	10	10	10	10
Água Gelada	4	4	4	4
Proteínade soja Texturizada	4	4	4	4
Sal	0,5	0,5	0,5	0,5
Pimenta	0,3	0,3	0,3	0,3
Alho	0,7	0,7	0,7	0,7
Cebola	0,5	0,5	0,5	0,5

Antioxidante	0,01	X	Y
--------------	------	---	---

F1 = Formulação de hambúrguer sem adição de antioxidante (formulação padrão); F2 = Formulação de hambúrguer contendo antioxidante sintético; F3 = Formulação de hambúrguer contendo X% de antioxidante natural; F4 = Formulação de hambúrguer contendo Y% de antioxidantes natural. X = 200 mg de compostos fenólicos/kg hambúrguer e Y= 300 mg de compostos fenólicos/kg hambúrguer, calculados tendo como base os resultados obtidos na determinação de fenólicos totais e atividade antioxidante do extrato de acerola.

4.5 Avaliação físico-química dos hambúrgueres bovinos

Para a avaliação físico-química dos hambúrgueres bovinos foi determinada a composição centesimal, valor calórico, a capacidade de retenção de água, a perda do peso por cocção e a redução de tamanho.

4.5.1 Composição centesimal e Valor calórico

As determinações de umidade (%), proteína (%), lipídios (%) e cinzas (%) da formulação padrão – F1 foram realizadas de acordo com AOAC (2011) e a % de carboidratos foi estimada pela diferença entre 100% e a soma das porcentagens dos demais componentes. As análises foram realizadas em triplicata.

O valor calórico foi obtido a partir dos teores de carboidratos, proteínas e lipídios presentes nos hambúrgueres, encontrados na análise de composição centesimal, sabendo quanto o consumo de cada um destes fornece para o corpo, de acordo com os fatores de Atwater (1910): carboidratos fornecem 4 kcal/g, proteínas fornecem 4 kcal/g e gorduras fornecem 9 kcal/g. Assim, o valor calórico pode ser calculado por meio da equação 1.

$$\boxed{\text{Valor calórico} = \left(\frac{g}{100g} \text{ de proteínas} \times 4\right) + \left(\frac{g}{100g} \text{ de carboidratos} \times 4\right) + \left(\frac{g}{100g} \text{ de lipídios} \times 9\right)} \quad (1)$$

4.5.2 Capacidade de retenção de água (CRA)

A capacidade de retenção de água dos hambúrgueres foi medida através do chamado método indireto. Foram pesadas 5 g das amostras de hambúrgueres em tubos e então, adicionadas 8 mL de solução 0,6 M de cloreto de sódio em cada tubo e homogeneizados. As amostras foram deixadas em repouso por 30 minutos em banho de gelo, depois, agitadas por um minuto e então, colocadas para centrifugar durante 15 minutos (10.000 rpm) a 4 °C. Após a

centrifugação foi medido o volume do sobrenadante e expressa a capacidade de retenção de água (ml/100g de amostra) dos hambúrgueres.

4.5.3 Determinação da perda de peso por cocção (PPC) e da redução do tamanho (RT) dos hambúrgueres

A determinação da perda de peso por cocção e da redução do tamanho dos hambúrgueres foram realizadas de acordo com Fontan et al. (2011). Inicialmente, os hambúrgueres, ainda congelados, foram pesados em uma balança analítica e tiveram seu diâmetro médio determinado, utilizando-se uma régua milimétrica. Os hambúrgueres foram então submetidos a um processo de fritura em uma frigideira doméstica revestida de teflon pré-aquecida, untada com 1,0 mL de óleo de soja. Os hambúrgueres foram fritos durante 6 minutos. Após a etapa de fritura, o excesso de gordura dos hambúrgueres foi removido utilizando-se papel-toalha e em seguida, sua massa e diâmetro foram novamente determinados.

A perda de peso por cocção e a redução do tamanho (área) foram expressas em redução percentual, calculadas por meio das Equações 2 e 3, respectivamente.

$$PPC = \frac{(m_{inicial} - m_{final})}{m_{inicial}} \times 100 \quad (2)$$

$$RT = \frac{(D_{inicial}^2 - D_{final}^2)}{D_{inicial}^2} \times 100 \quad (3)$$

4.6 Avaliação da estabilidade oxidativa dos hambúrgueres

4.6.1 pH

O valor de pH, em triplicata, dos hambúrgueres durante o período de 60 dias de estocagem sob congelamento foi medido através de pHmetro conforme AOAC (2011).

4.6.2 Cor

A avaliação da cor foi realizada em colorímetro MINOLTA modelo CR 400, pela leitura dos parâmetros L* (luminosidade), a* (intensidade de vermelho), b* (intensidade de

amarelo), C e h. Onde L^* corresponde à luminosidade (0 = preto e 100 = branco); a^* corresponde à cor de verde a vermelho [-80 até zero = verde (-a), de zero a +100 = vermelho (+a)]; b^* corresponde à variação de cor de azul a amarelo [-100 até zero = azul (-b), de zero a +70 = amarelo (+b)]. Também foram determinados o C, que indica a saturação da cor e, h, que corresponde à tonalidade ou matiz, expressa em ângulos (0° = vermelho, 90° = amarelo, 180° = verde e 270° = azul).

4.6.3 Substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS)

A determinação da oxidação lipídica foi realizada pelo método de TBARS. Foram pesadas 10 g das amostras trituradas, em seguida, adicionado 1 mL de solução de BHT 0,15% e 40 mL da solução de TCA 5%. Os tubos foram colocados na centrífuga por 10 min (10.000 rpm) a 4°C , então, o sobrenadante foi filtrado e transferido para balão volumétrico de 50 mL e o volume completado com TCA 5%. Aliquotas de 2 mL foram retiradas e transferidas para tubos de ensaio com tampas. A cada tubo de ensaio foram adicionados 2 mL de solução TBA 0,08 M, agitados por 1 min e levados ao banho-maria por 50 min. Depois, os tubos foram retirados do banho-maria e colocados em recipiente com gelo até atingirem a temperatura ambiente e em seguida, feitas as leituras das absorbâncias em espectrofotômetro a 531 nm.

4.7 Análise estatística

A análise estatística dos dados foi realizada através do programa STATISTICA 7. Os dados foram submetidos à análise de variância de comparação de médias (ANOVA) e teste de Tukey ($p < 0,05$).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Compostos fenólicos totais e atividade antioxidante total dos extratos de acerola

As soluções hidrometanólica e hidroacetônica apresentaram melhor poder extrator para os compostos fenólicos dos resíduos de acerola enquanto os extratos aquosos e hidroetanólico, exibiram as menores concentrações de fenólicos totais, sendo, portanto, excluídos dos testes posteriores (Tabela 3).

Tabela 3 - Capacidade Antioxidante Total (Equivalente ao Trolox) pelo método ABTS+ e concentração de compostos fénolicos totais em resíduos secos de polpa de acerola

Extrato	μM (Trolox/g resíduo)	Teor PET (mg Ác. Gálico/100 g resíduo)
Aquoso	18,34	$459,86 \pm 69,40^{\text{bc}}$
Hidrometanólico	36,40	$610,65 \pm 28,27^{\text{a}}$
Hidroetanólico	20,47	$358,94 \pm 24,23^{\text{c}}$
Hidroacetônico	30,19	$561,35 \pm 44,68^{\text{ab}}$

Fonte: elaborada pela autora.

Resultados expressos como média \pm desvio padrão. / Médias seguidas de letras minúsculas iguais na mesma coluna não apresentam diferença significativa entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Estatisticamente, não houve diferença significativa entre os teores de fenólicos totais dos extratos hidrometanólico e hidroacetônico, porém, o hidrometanólico apresentou maior atividade antioxidante, pela captura do Radical Livre ABTS+, dessa forma, este extrato foi selecionado para compor as formulações 3 e 4 dos hambúrgueres.

Os teores encontrados neste estudo foram superiores aos relatados por Oliveira (2008), que analisou o conteúdo de fenóis dos extratos metanólicos das farinhas de resíduos de acerola e encontrou $94,6 \pm 7,4$ mg de equivalentes de ácido gálico/100 g de amostra. Também foram superiores aos valores encontrados por Sousa et al. (2011) em resíduo da polpa de acerola, com $247,62 \pm 2,08$ mg/100 g de fenólicos totais para o extrato aquoso e $279,99 \pm 3,5$ mg/100 g de fenólicos totais para o extrato hidroetanólico. Caetano et al. (2009) realizaram a extração de compostos fenólicos totais em resíduo seco de acerola e observaram que a solução hidroetanólica (80%) extraiu maior quantidade de compostos que a solução aquosa, diferentemente do que foi observado nos resultados da Tabela 3, em que a solução hidroetanólica apresentou o menor poder extrator de compostos fenólicos.

5.2 Avaliação físico-química dos hambúrgueres

5.2.1 Composição centesimal e valor calórico

Todos os parâmetros avaliados na composição centesimal da F1 estavam de acordo com os limites estabelecidos pelo Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade de Hambúrguer (BRASIL, 2000), em que se permite teor máximo de gordura de 23%, teor mínimo de proteína de 15% e de carboidratos totais, 3%. (Tabela 4). O valor calórico da formulação padrão de 191,28 Kcal/g (Tabela 4) é inferior ao de hambúrgueres comerciais. Marques (2007) avaliando o rótulo de três marcas de hambúrguer encontrou valores de 196,4 a 250,0 Kcal/g.

Tabela 4 - Composição centesimal dos hambúrgueres da formulação padrão (F1)

Umidade (%)	64,28 ± 0,04
Cinzas (%)	1,68 ± 0,01
Gordura (%)	11,27 ± 0,42
Proteínas (%)	20,60 ± 0,25
Carboidratos (%)	2,58 ± 0,50
Valor calórico (Kcal/g)	191,82 ± 1,86

Fonte: elaborada pela autora.

Resultados expressos como média ± desvio padrão.

5.2.2 Capacidade de retenção de água (CRA), Redução do tamanho (RT), Perda de peso por cocção (PPC)

Houve diferença significativa entre a CRA das formulações 1 e 3, no entanto, isso não representou diferenças na PPC, uma vez que menores valores de CRA poderiam levar a uma maior retração do tecido muscular e elevação na perda de água durante a cocção (Tabela 5). Na literatura, são encontrados valores variados de PPC. Hautrive et al. (2008) observaram valores de PPC entre 22,5% e 30,8%, para formulações de hambúrgueres com carne bovina e de avestruz. Stabile et al. (1990) encontraram valores em torno de 70% estudando o processo de cocção de hambúrgueres por micro-ondas. Assim, os valores podem ser influenciados por diversas características como as condições de abate dos animais, método de cocção, tipo de corte, etc.

Tabela 5 - Capacidade de retenção de água (CRA), redução do tamanho (RT) e perda de peso por cocção (PPC) das formulações de hambúrgueres de carne bovina

Formulação	CRA (ml/100g amostra)	RT (%)	PPC (%)
F1	53,03 ± 8,00 ^a	32,80	35,40
F2	45,26 ± 2,90 ^{ab}	38,15	37,35
F3	39,77 ± 3,22 ^b	37,23	35,83
F4	41,95 ± 3,70 ^{ab}	36,30	36,16

Fonte: elaborada pela autora.

F1 = Formulação de hambúrguer sem adição de antioxidante (formulação padrão); F2 = Formulação de hambúrguer contendo antioxidante sintético; F3 = Formulação de hambúrguer contendo 200 mg de compostos fenólicos/kg hambúrguer; F4 = Formulação de hambúrguer contendo 300 mg de compostos fenólicos/kg hambúrguer.

Resultados expressos como média ± desvio padrão. / Médias seguidas de letras minúsculas iguais na mesma coluna não apresentam diferença significativa entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Para a CRA, os resultados variaram de 39,77 a 53,03, mas os valores não diferiram em relação as formulações com a presença do extrato, visto que a F4 foi estatisticamente igual a F1. Esse parâmetro pode ser influenciado pelo pH, sendo que a capacidade de retenção de água é menor em pH 5,2-5,3, ou seja, no ponto isoelétrico da maior parte das proteínas musculares (ROÇA, 2005). No entanto, os valores de pH das formulações não diferiram entre si.

A redução de tamanho dos hambúrgueres variou de 32,80 a 38,15% e foram menores do que as relatadas por Fontan et al. (2011) estudando a influência do tipo de carne, adição de fosfato e proteína texturizada de soja na PPC e RT de hambúrgueres. A maior redução de tamanho ocorreu na F2 e a menor na F1, que não continha antioxidantes.

5.3 Avaliação da estabilidade dos hambúrgueres

5.3.1 Substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS)

A formulação sem antioxidante (F1) apresentou maiores valores de TBARS durante o período observado, como esperado (Tabela 6). Na F2 que continha o BHT não houve diferença significativa durante os 60 dias de armazenamento, evidenciando o seu potencial antioxidante. A F4, que continha o extrato em maior concentração (300 mg fenólicos/kg hambúrguer) também apresentou alto potencial antioxidante, uma vez que só ocorreu diferença significativa a partir do tempo 60, sendo que até o tempo 45 havia apresentado menor oxidação lipídica que a F2, que continha BHT.

Tabela 6 - Valores de TBARS (substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico) das formulações de hambúrgueres de carne bovina durante 60 dias de estocagem sob congelamento (-18°C)

Formulação	Concentração de MDA (mg/Kg de amostra)				
	Dia 0	15 dias	30 dias	45 dias	60 dias
F1	0,51 ± 0,01 ^{aB}	0,34 ± 0,01 ^{bC}	0,50 ± 0,03 ^{aB}	0,60 ± 0,03 ^{aA}	0,64 ± 0,02 ^{aA}
F2	0,51 ± 0,02 ^{aAB}	0,43 ± 0,06 ^{aB}	0,44 ± 0,06 ^{aB}	0,57 ± 0,02 ^{aA}	0,60 ± 0,03 ^{aA}
F3	0,49 ± 0,01 ^{aB}	0,43 ± 0,00 ^{abB}	0,45 ± 0,02 ^{aB}	0,64 ± 0,02 ^{aA}	0,58 ± 0,06 ^{aA}
F4	0,45 ± 0,01 ^{bB}	0,39 ± 0,01 ^{abB}	0,44 ± 0,07 ^{aB}	0,43 ± 0,05 ^{bB}	0,59 ± 0,06 ^{aA}

Fonte: elaborada pela autora.

F1 = Formulação de hambúrguer sem adição de antioxidante (formulação padrão); F2 = Formulação de hambúrguer contendo antioxidante sintético; F3 = Formulação de hambúrguer contendo 200 mg de compostos fenólicos/kg hambúrguer; F4 = Formulação de hambúrguer contendo 300 mg de compostos fenólicos/kg hambúrguer.

Resultados expressos como média ± desvio padrão. / Médias seguidas de letras minúsculas iguais na mesma coluna não apresentam diferença significativa entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância. / Médias seguidas de letras maiúsculas iguais na mesma linha não apresentam diferença significativa entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

A concentração de compostos fenólicos utilizada na F3 demonstrou eficácia menor na proteção ao produto, se comparada a F2 e F4, visto que manteve valores de TBARS estatisticamente iguais até 30 dias, assim como a F1. Shahmirian et al. (2019) estudaram as características antibacterianas e antioxidantes do suco de romã e extrato da casca de romã em hambúrgueres bovino armazenados a -18 °C durante 90 dias e ao final do estudo o valor de TBARS para a amostra controle foi aproximadamente 1,5 mg MDA/Kg e em torno de 1,05 mg MDA/Kg para as amostras tratadas com BHT e suco de romã. Wood et al. (2003) relataram que o sabor desagradável resultante da oxidação lipídica pode ser identificado pelo consumidor em produtos com teores de TBARS maiores que 2 mg MDA/Kg de amostra, assim, todas as formulações ainda estavam com teores aceitáveis até os 60 dias de armazenamento.

5.3.2 pH

O estudo do pH durante o período da estocagem é importante pois mudanças nesse parâmetro podem estar relacionadas a presença de bactérias ácido lácticas, uma vez que o aumento no pH ao longo do armazenamento indica a presença dessas bactérias, tornando assim, o pH, critério para avaliar a conservação dos hambúrgueres. Observa-se que nenhuma das formulações apresentou diferença significativa entre o pH no dia 0 e no dia 60, no decorrer desse período ocorreram pequenas variações, o que indica que todas, pelo parâmetro do pH, permaneceram aptas para o consumo (Tabela 7). Assim, não se pôde observar relação com a presença do extrato e a medida do pH.

Tabela 7 - Valores de pH das formulações de hambúrgueres de carne bovina durante 60 dias de estocagem sob congelamento (-18°C)

Formulação	pH				
	Dia 0	15 dias	30 dias	45 dias	60 dias
1	5,82 ± 0,01 ^{aA}	5,72 ± 0,01 ^{aC}	5,76 ± 0,01 ^{aB}	5,77 ± 0,02 ^{aB}	5,82 ± 0,01 ^{aA}
2	5,77 ± 0,01 ^{bA}	5,63 ± 0,0 ^{aB}	5,67 ± 0,01 ^{bB}	5,76 ± 0,01 ^{aA}	5,78 ± 0,03 ^{aA}
3	5,79 ± 0,01 ^{abA}	5,67 ± 0,02 ^{aB}	5,70 ± 0,02 ^{abB}	5,78 ± 0,01 ^{aA}	5,78 ± 0,00 ^{aA}
4	5,80 ± 0,03 ^{abA}	5,64 ± 0,05 ^{aB}	5,64 ± 0,07 ^{bB}	5,78 ± 0,01 ^{aA}	5,81 ± 0,04 ^{aA}

Fonte: elaborada pela autora.

F1 = Formulação de hambúrguer sem adição de antioxidante (formulação padrão); F2 = Formulação de hambúrguer contendo antioxidante sintético; F3 = Formulação de hambúrguer contendo 200 mg de compostos fenólicos/kg hambúrguer; F4 = Formulação de hambúrguer contendo 300 mg de compostos fenólicos/kg hambúrguer.

Resultados expressos como média ± desvio padrão. / Médias seguidas de letras minúsculas iguais na mesma coluna não apresentam diferença significativa entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância. / Médias seguidas de letras maiúsculas iguais na mesma linha não apresentam diferença significativa entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

De acordo com Júnior et al. (2009), os produtos cárneos são aceitáveis ao consumo até pH 6,2. Kumar et al. (1986) relatam que quanto maior o valor de pH, maior a oxidação lipídica, no entanto, os valores de pH não diferiram estatisticamente ao final do armazenamento, assim, não foi possível estabelecer uma relação com os valores de TBARS (Tabela 6).

5.3.3 Parâmetros de cor (L^* , a^* , b^* , C e h)

Com 15 dias de estocagem sob congelamento (-18 °C) (Tabela 8), as formulações diferiram apenas no parâmetro a^* . Os parâmetros L^* , a^* e h com 60 dias de estocagem (Tabela 9) sob congelamento (-18 °C) diferiram, evidenciando as mudanças que ocorrem ao longo do tempo de armazenamento nos produtos cárneos.

Tabela 8 – Parâmetros de cor das formulações de hambúrgueres com 15 dias de estocagem sob congelamento (-18 °C)

Formulação	Parâmetro				
	L^*	a^*	b^*	C	h
1	40,69 ± 1,01 ^a	8,48 ± 1,05 ^b	15,55 ± 1,87 ^a	17,78 ^a ± 1,23 ^a	61,13 ± 5,65 ^a
2	40,30 ± 0,58 ^a	9,85 ± 0,22 ^a	15,36 ± 1,52 ^a	18,25 ± 1,40 ^a	57,22 ± 2,01 ^a
3	41,49 ± 2,14 ^a	8,29 ± 0,57 ^b	16,26 ± 1,55 ^a	18,25 ± 1,59 ^a	62,93 ± 1,41 ^a
4	40,90 ± 0,77 ^a	8,61 ± 0,44 ^{ab}	17,34 ± 0,73 ^a	19,37 ± 0,56 ^a	63,56 ± 1,90 ^a

Fonte: elaborada pela autora.

F1 = Formulação de hambúrguer sem adição de antioxidante (formulação padrão); F2 = Formulação de hambúrguer contendo antioxidante sintético; F3 = Formulação de hambúrguer contendo 200 mg de compostos fenólicos/kg hambúrguer; F4 = Formulação de hambúrguer contendo 300 mg de compostos fenólicos/kg hambúrguer.

Resultados expressos como média ± desvio padrão. / Médias seguidas de letras minúsculas iguais na mesma coluna não apresentam diferença significativa entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Tabela 9 - Parâmetros de cor das formulações de hambúrgueres com 60 dias de estocagem sob congelamento (-18 °C)

Formulação	Parâmetro				
	L*	a*	b*	C	h
1	44,41 ± 0,87 ^a	6,60 ± 0,86 ^b	13,20 ± 2,23 ^a	14,78 ± 2,21 ^a	63,22 ± 3,50 ^{ab}
2	42,22 ± 0,60 ^b	8,36 ± 0,32 ^a	14,63 ± 0,29 ^a	16,85 ± 0,11 ^a	60,27 ± 1,43 ^b
3	44,19 ± 0,37 ^a	6,21 ± 0,54 ^b	15,80 ± 0,70 ^a	16,98 ± 0,83 ^a	68,58 ± 1,00 ^a
4	44,77 ± 0,60 ^a	7,05 ± 0,04 ^{ab}	13,93 ± 1,18 ^a	15,62 ± 1,04 ^a	63,05 ± 2,09 ^{ab}

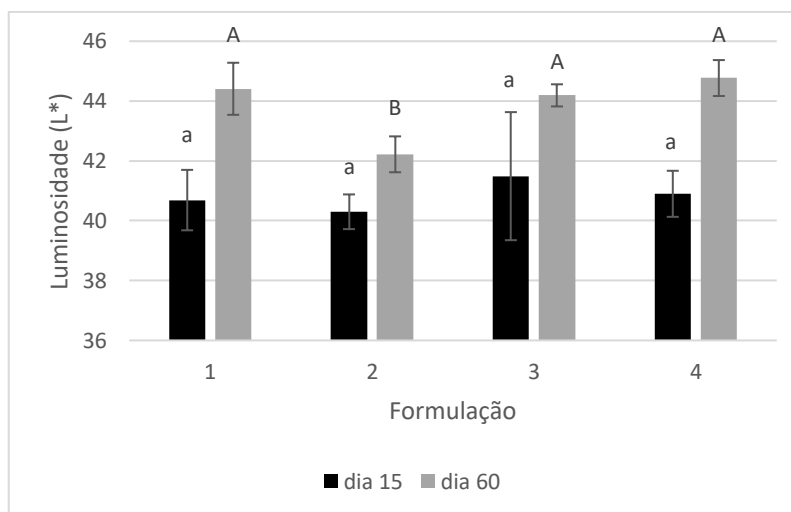
Fonte: elaborada pela autora.

F1 = Formulação de hambúrguer sem adição de antioxidante (formulação padrão); F2 = Formulação de hambúrguer contendo antioxidante sintético; F3 = Formulação de hambúrguer contendo 200 mg de compostos fenólicos/kg hambúrguer; F4 = Formulação de hambúrguer contendo 300 mg de compostos fenólicos/kg hambúrguer.

Resultados expressos como média ± desvio padrão. / Médias seguidas de letras minúsculas iguais na mesma coluna não apresentam diferença significativa entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância

Observa-se que para o parâmetro L* (Gráfico 1), no tempo 15, as formulações não diferiram significativamente e, no tempo 60, a F2 diferiu das demais. Devido a oxidação da mioglobina, os hambúrgueres se tornam mais escuros ao longo do armazenamento e os valores de L* tendem a diminuir.

Gráfico 1 – Valores da luminosidade (L*) das formulações de hambúrgueres, nos dias 15 e 60 de estocagem sob congelamento (-18 °C)



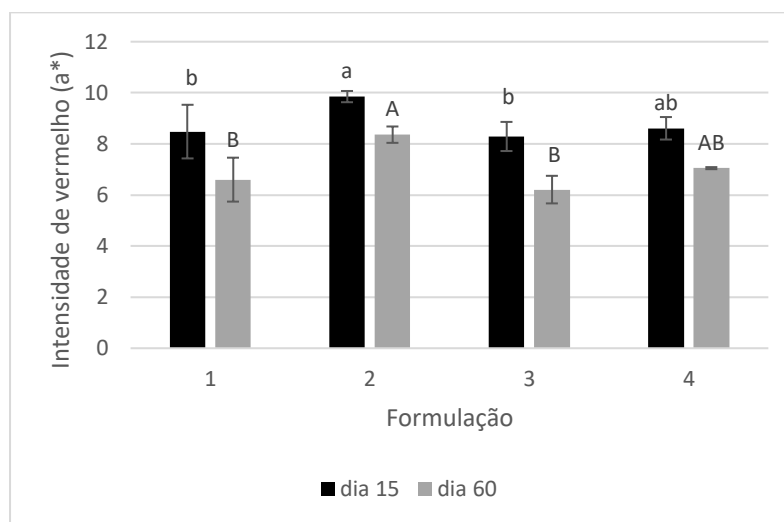
Fonte: elaborada pela autora.

F1 = Formulação de hambúrguer sem adição de antioxidante (formulação padrão); F2 = Formulação de hambúrguer contendo antioxidante sintético; F3 = Formulação de hambúrguer contendo 200 mg de compostos fenólicos/kg hambúrguer; F4 = Formulação de hambúrguer contendo 300 mg de compostos fenólicos/kg hambúrguer.

Letras iguais em colunas de mesma cor não apresentam diferença significativa entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Todas as formulações apresentaram uma redução no valor de a^* (Gráfico 2) no tempo 60, no entanto, as formulações F2 e F4 tiveram um maior valor de a^* se comparadas a F1 e F3, indicando que o BHT e o antioxidante natural conseguiram preservar a intensidade do vermelho.

Gráfico 2 – Valores da intensidade de vermelho (a^*) das formulações, nos dias 15 e 60 de estocagem sob congelamento ($-18\text{ }^{\circ}\text{C}$)



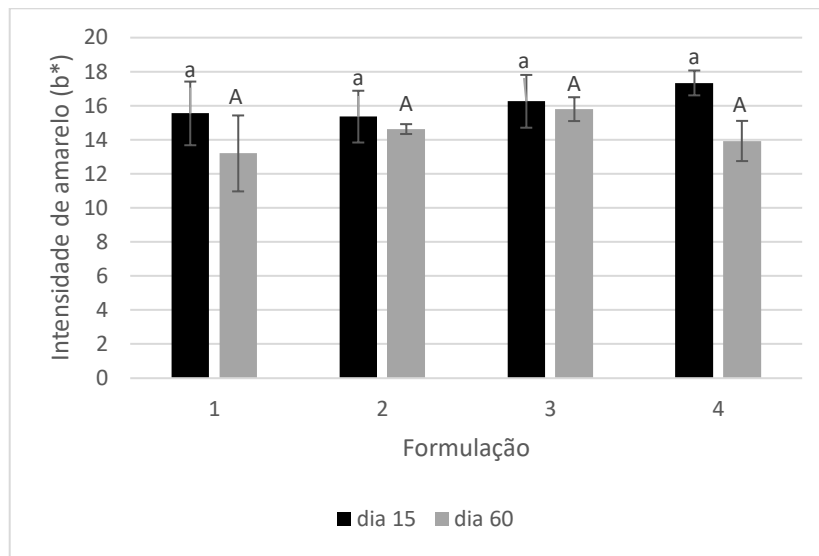
Fonte: elaborada pela autora.

F1 = Formulação de hambúrguer sem adição de antioxidante (formulação padrão); F2 = Formulação de hambúrguer contendo antioxidante sintético; F3 = Formulação de hambúrguer contendo 200 mg de compostos fenólicos/kg hambúrguer; F4 = Formulação de hambúrguer contendo 300 mg de compostos fenólicos/kg hambúrguer.

Letras iguais em colunas de mesma cor não apresentam diferença significativa entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Com relação ao tom de amarelo (b^*) (Gráfico 3), observa-se que não foi influenciado pelo tipo de formulação, visto que não houve diferença significativa entre elas em nenhum dos tempos analisados. Com relação à saturação da cor (C^*), não foi observada diferença significativa entre as formulações, assim como, o h , que corresponde à tonalidade ou matiz.

Gráfico 3 – Valores da intensidade de amarelo (b*) das formulações, nos dias 15 e 60 de estocagem sob congelamento (-18 °C)



Fonte: elaborada pela autora.

F1 = Formulação de hambúrguer sem adição de antioxidante (formulação padrão); F2 = Formulação de hambúrguer contendo antioxidante sintético; F3 = Formulação de hambúrguer contendo 200 mg de compostos fenólicos/kg hambúrguer; F4 = Formulação de hambúrguer contendo 300 mg de compostos fenólicos/kg hambúrguer.

Letras iguais em colunas de mesma cor não apresentam diferença significativa entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

6 CONCLUSÃO

O extrato de resíduo de acerola mostrou-se eficiente como antioxidante no hambúrguer bovino durante o período estudado, sem interferir em outros parâmetros de qualidade (CRA, cor, pH, RT, PPC). Constatou-se, assim, o potencial antioxidante do resíduo avaliado, o que contribuirá para o aproveitamento desse coproduto, diminuição do impacto ambiental e geração de renda para a indústria de alimentos. Estudos futuros a respeito da aceitação sensorial do produto adicionado desses extratos, um estudo sobre a evaporação do solvente utilizado na elaboração dos extratos e um acompanhamento mais extenso da oxidação lipídica dos hambúrgueres deve ampliar o entendimento e verificar se os extratos continuam apresentando potencial antioxidante assim como o BHT, durante um período mais longo de estocagem.

REFERÊNCIAS

- ABE, L.T. **Ácido elágico em alimentos brasileiros**. Dissertação (Mestrado), Faculdade de Ciências Farmacêuticas da Universidade de São Paulo, São Paulo-SP. 2007. 91p.
- AOAC. **Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists**, 18 ed., Arlington, USA, 2011.
- ATWATER, W. O. **Principles of nutrition and nutritive value of foods**. Washington: Farmer's Bulletin, 1910. 48 p.
- BAILEY, A. E.; **Bailey's Industrial Oil and Fat Products**, 5th ed., John Wiley: New York, 1996, vol. 3.
- BELITZ, H. D.; GROSCH, W.; **Química de los Alimentos**, Acribia: Zaragoza, 1988.
- BERGER, K. G.; HAMILTON, R. J. **Developments in Oils and Fats**; ed.; Chapman & Hall: London, 1995, cap. 7.
- BERSET, C.; CUVELIER, M. E.; **Sciences des aliments**. 1996, 16, 219.
- BRASIL, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) - **Instrução Normativa nº 20. Anexo IV- Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade de Hamburger**. Brasília, 31 de julho de 2000.
- BRASIL, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) - **Instrução Normativa nº 51. Anexo - Regulamento Técnico de Atribuição de Aditivos, e seus Limites das Seguintes Categorias de Alimentos: Categoria 8: Carne e Produtos Cárneos**. 29 de dezembro de 2006. Brasília.
- BRAND-WILLIAMS, W.; CUVELIER, M. E.; BERSET, C. **Use of free radical method to evaluate antioxidant activity**. Lebensmittel Wissenschaft und Technologie, London, v. 28, n. 1, p. 25-30, 1995.
- BOBBIO, F.O.; BOBBIO, P.A. **Química do processamento de alimentos**. São Paulo: Varela, 3^a ed, 2001.
- BUCKLEY, D. J.; MORRISSEY, P. A.; GRAY, J. I. **Influence of dietary vitamin E on the oxidative stability and quality of pig meat**. Journal of Animal Science, Champaign, v. 73, n. 10, p. 3122–3130, 1995.
- CAETANO, A. C. S. et al. **Extração de antioxidantes de resíduos agroindustriais de acerola**. Braz. J. Food Technol., v. 12, n. 2, p. 155-160, abr./jun. 2009.
- CONEGLIAN, S. M.; LIMA, B. S.; SILVA, L. G.; LAZZARI, C. M.; SERRANO, R. D. C.; TONELLO, C. L. **Utilização de antioxidantes nas rações**. PUBVET, Londrina, v. 5, n. 5, Ed. 152, Art. 1026, 2011.
- COSGROVE, J. P.; CHURCH, D. F.; PRYOR, W. A.; **Lipids**. 1987, 22, 299.

COTRIM, W. S. **Antioxidantes naturais e seus efeitos sobre a cor e nível oxidativo de carne bovina.** Revista da Associação Brasileira de Criadores de Zebú, Uberaba, no60, p. 52-55, 2011.

DECKER, E.A.; XU, Z. **Minimizing rancidity in muscle foods.** Food Technology, v.52, n.10, p.54-59, 1999.

FONTAN, R. C. I.; REBOUÇAS, K. H.; VERÍSSIMO, L. A. A.; MACHADO, A. P. F.; FONTAN, G. C. R.; BONOMO, R. C. F. **Influência do tipo de carne, adição de fosfato e proteína texturizada de soja na perda de peso por cocção e redução do tamanho de hambúrgueres.** Alim. Nutr., v. 22, n. 3, p. 407-411 2011.

GRAY, J. I.; GOMAA, E. A.; BUCKLEY, D. J. **Oxidative quality and shelf life of meats.** Meat Science, Barking, v. 43, n. 1, p. 111–123, 1996.

HAUTRIVE, T. P. et al. **Análise físico-química e sensorial de hambúrguer elaborado com carne de avestruz.** Ciênc. Tecnol. Alim., v. 28, supl., p. 95-101, 2008.

HANAMURA, T.; HAGIWARA, T.; KAWAGISHI, H. **Structural and functional characterization of polyphenols isolated from acerola (*Malpighia emarginata DC.*)** Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry, v. 69, p. 280-286, 2005.

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, Barking, v. 87, n. 1 p. 43-56, 2011.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. ISO 11136: Sensory analysis – methodology. **General guidance for conducting hedonic tests with consumers in a controlled area.** Switzerland: ISO, 2013

JACOB, R. A.; BURRI, B. **Oxidative damage and defense.** American Journal of Clinical Nutrition, Bethesda, v. 63, n. 6, p. 985-990, 1996.

JORGE, N.; GONÇALVES, L. A. G.; **Boletim SBCTA.** 1998, 32, 40.

KEHRER, J. P.; SMITH, C. V. **Natural antioxidants in human health and disease;** Frei, B., ed.; Academic Press: San Diego, 1992, p. 25.

KLIMCZAK, M. M.; PACHOLEK, B. **Antioxidant activity of ethanolic extracts of amaranth seeds.** Nahrung, V. 46, p. 184-186, 2002.

KUMAR, S.; PEDERSEN-WISMER, J.; CASPERSEN, C. **Effect of raw materials deboning methods of chemical additives on microbial quality of mechanically deboned poultry meat during frozen storage.** Journal of Food Science and Technology, London, v. 23, n. 4, p. 217-220, 1986

LABUZA, T. P.; CRIT. Rev. Food Technol. 1971, 3, 355.

- MARQUES, M.M. **Elaboração de um produto de carne bovina tipo hambúrguer adicionado de farinha de aveia**. Dissertação de Mestrado. Mestrado em Tecnologia de Alimentos. Programa de Pós-Graduação em Tecnologia de Alimentos. Universidade Federal do Paraná. Curitiba/Pr, 2007.
- MARQUES, T.R., A.D. CORRÊA, J.B.R. LINO, C.M.P. DE ABREU, AND A.A. SIMÃO. **Chemical components and functional properties of acerola (*Malpighia emarginata* DC.) residue flour**. Food Science and Technology. v. 33, p.526-531, 2013.
- MARQUES, T. R. **Extrato de bagaço de acerola: inibição de enzimas digestivas, ação antioxidante e inseticida: Inibidores de enzimas digestivas, ação antioxidante e inseticida do bagaço de acerola**. Lavras: UFLA, 2016. 125p. Tese (doutorado). Universidade Federal de Lavras, 2016.
- MELO, E. A.; MACIEL, M. I. S.; LIMA, V. L. A.; NASCIMENTO, R. J. **Capacidade antioxidante de frutas**. Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas. v. 44, n. 2, p.193-201. 2008.
- MEZADRI, T.; VILLAÑO, D.; FERNANDEZ-PACHÓ, M. S.; GARCÍA-PARRILLA, M. C.; TRONCOSO, A. M. **Antioxidant compounds and antioxidant activity in acerola (*Malpighia emarginata* DC.) fruits and derivatives**. Journal of Food Composition and Analysis, v. 21, n. 4, p. 282–290, 2008.
- MILIAUSKAS, G.; VENSKUTONIS, P. R.; VAN BEEK, T. A. **Screening of radical scavenging activity of some medicinal and aromatic plant extracts**. Food Chemistry, Washington, v. 85, n. 2, p. 231-237, 2004.
- MONAHAN, F. J. **Oxidation of lipids in muscle foods: fundamental and applied concerns**. Em: Decker E, Faustman C, Lopez-Bote CJ, editores. Antioxidants in muscle foods – Nutritional strategies to improve quality. Canada: Ed. A John Wiley & Sons Inc, p. 3-24, 2000.
- MOREIRA, S. P. **Avaliação da qualidade e segurança de melão minimamente processado revestido em matriz de quitosana adicionada de compostos bioativos microencapsulados extraídos de subprodutos de acerola**. Dissertação (mestrado). Centro de Ciências Agrárias, Departamento de Tecnologia de Alimentos, Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2014.
- MORRISSEY, P. A.; SHEEHY, P. J. A.; GALVIN, K.. et al. **Lipid stability in meat and meat products**. Meat Science, Amsterdam, v. 49, n. 1, p. 73-86, 1998.
- NAMIKI, M.; CRIT. **Antioxidants/antimutagens in food**. Rev. Food Sci. Nutr. 1990, 29, 273.
- OLIVEIRA, A. C. **Capacidade Antioxidante de Farinhas de Resíduos de Frutas Tropicais**. 2008. 108 f. Dissertação (Mestrado em Ciências da Saúde) -Instituto de Ciências Biológicas e da Saúde, Universidade Federal de Alagoas, Maceió.
- OLIVEIRA, D. F. et al. **Farinha de linhaça dourada como substituto de gordura animal**

em hambúrguer de carne bovina com redução de sódio. Braz. J. Food Technol., Campinas, v. 17, n. 4, p. 273-282, 2014.

OLIVEIRA, R.R. et al. **Antioxidantes naturais em produtos cárneos.** PUBVET, Londrina, V. 6, N. 10, Ed. 197, Art. 1324, 2012.

OBANDA, M.; OWUOR, P.O. **Flavanol Composition and Caffeine Content of Green Leaf as Quality Potential Indicators of Kenyan Black Teas.** Journal of the Science of Food and Agriculture. v.74, p. 209-215. 1997.

PADILHA, A.D.G. **Antioxidante natural de erva mate na conservação da carne de frango in vivo.** 2007. 97 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia dos Alimentos) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS.

PARDI, M. C.; SANTOS, I. F.; SOUZA, E. R.; PARDI, H. S. **Ciência Higiene e Tecnologia da Carne**, 1ª edição, Volume 1. Editora EDUFF, Goiânia, Goiás, 1993, 586p.

PEREIRA, DAIANE.; PINHEIRO, S. RAFAELLY. **Elaboração de hamburgueres com antioxidantes naturais oriundos de extratos etanólicos de alecrim (*Rosmarinus officinalis*.L).** Trabalho de Conclusão de Curso – Curso Superior de Química – Bacharelado em Química Industrial/Licenciatura em Química, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Pato Branco, 2013.

PEREIRA, F. K.; **Extrato do gergelim creme na estabilidade oxidativa de hambúrguer ovino.** Rev. Cient. Prod. Anim., v.20, n.1, p.27-38, 2018.

PEREIRA, M. G.; **Aplicação de antioxidantes naturais em carne mecanicamente separada (CMS) de ave.** Santa Maria. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria- RS, 2009. 126p.

PRADO, A.; **Composição fenólica e atividade antioxidante de frutas tropicais,** Piracicaba, SP. Dissertação (Mestrado), Escola superior de Agricultura “Luis de Queiroz”, 2009. 106p

PRADO, A. C. P.; **Compostos fenólicos e atividade antioxidante de extratos da casca de noz-pecã.** Braz. J. Food Technol., v. 12, n. 4, p. 323-332, 2009.

Rafecas, M.; Guardiola, F.; Illera, M.; Codony, R.; Boatella, J.; J.; **Liquid chromatographic determination of phenolic antioxidants in bakery products.** Chromatogr. 1998, 822, 305.

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

REIS, R. C. **Influência da dieta, do uso de antioxidantes e da conservação por congelamento na oxidação lipídica da carne bovina.** Universidade Federal de Goiás. Goiânia. 2013.

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

Reishe, D. W.; Lilliard, D. A.; Eitenmiller, R. R. Akoh, C. C.; Min, D. B., eds.; Marcel Dekker. **Antioxidants**; New York, 1997, p. 423.

RESCONI, V. C.; ESCUDERO, A.; CAMPO, M. M. **The Development of Aromas in Ruminant Meat**. *Molecules*, Switzerland, v. 18, n. 6, p. 6748-6781, 2013.

ROÇA, Roberto De Oliveira. **Propriedades Da Carne**. p. 1–11, 2005. Disponível em: <http://www.enq.ufsc.br/disci/eqa5217/material_didatico/propriedades_da_carne.pdf>.

SANTOS JÚNIOR, L. C. O; RIZZATI, R; BRUNGERA, A; ACHIAVINI, T. J.; CAMPOS, E. F. M.; NETO, J. F. S.; RODRIGUES, L. B.; DICKEL, E. L.; SANTOS, L. R.. **Desenvolvimento de hambúrguer de carne de ovinos de descarte enriquecido com farinha de aveia**. *Ciência Animal Brasileira*, v.10, n.4, 2009.

SHAH, M.A., DON BOSCO, S.J., MIR, S.A. **Plant extracts as natural antioxidants in meat and meat products**. *Meat Sci.* v.98, p.21-33. 2014.

SHAHAMIRIAN M, ESKANDARI MH, NIAKOUSARI M, ESTEGHLAL S, GAHRUIE HH, KHANEGHAH AM. **Incorporation of pomegranate rind powder extract and pomegranate juice into frozen burgers: oxidative stability, sensorial and microbiological characteristics**. *J Food Sci Technol*. 2019.

SIMIC, M. G.; JAVANOVIC, S. V. Em **Inactivation of oxygen radicals by dietary phenolic compounds in anticarcinogenesis**; Ho, C. T.; Osawa, T.; Huang, T. M.; Rosen, R. T., eds.; *Food Phytochemicals for Cancer Prevention*: Washington, 1994, p. 20.

SOUSA, M. S. B. **Fenólicos totais e capacidade antioxidante in vitro de resíduos de polpas de frutas tropicais**. *Braz. J. Food Technol.*, Campinas, v. 14, n. 3, p. 202-210, 2011.

STABILE, M. N. O. et al. **Influência da formulação na perda de peso e na retração de hambúrguer assado em forno de microondas**. *B. CEPPA*, v. 8, n. 1, p. 1-9, 1990.

SWAIN, T.; HILLS, W.E. **The phenolic constituents of *Punus domestic*. The quantitative analysis of phenolic constituents**. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, London, v.19, p. 63-68, 1959.

TRINDADE, R.A. **Influência de antioxidantes naturais sobre o perfil lipídico de hambúrgueres bovinos submetidos à irradiação por ^{60}Co e aceleradores de elétrons**. 2007. 112 f. Dissertação (Mestrado em Ciências em Tecnologia Nuclear) – Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares. São Paulo, SP.

VENDRAMINI, A. L. A.; TRUGO, L. C. **Phenolic Compounds in Acerola Fruit (*Malpighia punicifolia*, L.)**. *Journal of the Brazilian Chemical Society*, v. 15, n. 5, p. 664-668, 2004.

WANASUNDARA, P. K. P. D.; SHAHIDI, F. **Antioxidants: Science, Technology, and Applications**. Em: SHAHIDI, F. *Bailey's Industrial Oil and Fat Products: Chemistry, Properties and Health Effects*. 6 ed. EUA: Wiley – Interscience, 2005.

WOOD, J.D.; RICHARDSON, R.I.; NUTE, G.R.; FISHER, A.V.; CAMPO, M.M.; KASAPIDOU, E.; SHEARD, P.R.; ENSER, M. **Effect of fatty acids on meat quality: a review.** Meat Science, Barking, v. 66, n. 1, p. 21-32, 2003.