



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



**ESTABILIDADE OXIDATIVA DE HAMBURGUER BOVINO EMPREGANDO
COMPOSTOS BIOATIVOS DO RESÍDUO AGROINDUSTRIAL DE SERIGUELA
(*Spondias purpurea* L.).**

WALLACE BATISTA DA COSTA

Recife

2015

WALLACE BATISTA DA COSTA

**ESTABILIDADE OXIDATIVA DE HAMBURGUER BOVINO EMPREGANDO
COMPOSTOS BIOATIVOS DO RESÍDUO AGROINDUSTRIAL DE SERIGUELA
(*Spondias purpurea* L.).**

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

ORIENTADORA: ENAYDE DE ALMEIDA MELO

CO-ORIENTADORA: ANDRELINA MARIA PINHEIRO SANTOS

Recife

2015

Ficha catalográfica

C837e Costa, Wallace Batista da
Estabilidade oxidativa de hambúrguer bovino
empregando compostos bioativos do resíduo agroindustrial
de seriguela (*Spondias purpurea* L.) / Wallace Batista da
Costa. – Recife, 2015.
95 f.: il.

Orientadora: Enayde de Almeida Melo.
Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de
Alimentos) - Universidade Federal Rural de Pernambuco,
Departamento de Ciências Domésticas, Recife, 2015.

Referências.

1. Antioxidantes naturais 2. Temperaturas de
armazenamento 3. Produtos cárneos 4. Oxidação lipídica
I. Melo, Enayde de Almeida, orientadora II. Título

CDD 664

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

**ESTABILIDADE OXIDATIVA DE HAMBURGUER BOVINO EMPREGANDO
COMPOSTOS BIOATIVOS DO RESÍDUO AGROINDUSTRIAL DE SERIGUELA
(*Spondias purpurea* L.).**

Por Wallace Batista da Costa

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.^a Dr.^a Enayde de Almeida Melo
Universidade Federal Rural de Pernambuco

Prof.^a Dr.^a Vera Lúcia Arroxelas Galvão de Lima
Universidade Federal Rural de Pernambuco

Prof.^a Dr.^a Margarida Angélica da Silva Vasconcelos
Universidade Federal de Pernambuco

Dedico a minha mãe!

Que apesar de todas as atribuições
da vida conseguiu me fazer um cidadão
honesto, batalhador e esforçado.

Muitíssimo obrigado!

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus e aos seus ensinamentos, que me fizeram aprender a ter paciência, perseverança, paciência, dedicação e paciência.

A minha mãe, por desempenhar o seu papel, dentro dos limites impostos pela vida.

Aos meus avós, que nas horas mais difíceis se fizeram presentes e cumpriram sua missão.

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

A minha conselheira Orientadora Enayde de Almeida Melo, pelo exemplo de profissional e docente, pela orientação, paciência e confiança e por compartilhar seus conhecimentos.

A minha querida Professora Vera Lúcia Arroxelas Galvão de Lima, minha admiração por sua impecável postura profissional, pelas preciosas correções a este trabalho, pela amizade e apoio diário.

A amiga Rita Cristina de Oliveira da Silva, pela ajuda do início ao fim.

A amiga Andressa Priscilla de Souza Leite, pelo compartilhamento de experiências e doação dos seus materiais.

As amigas Karlla Karinne Gomes de Oliveira, Patrícia de Oliveira Leite Farias, Alinne Araújo Demétrio e Samara de Macêdo Moraes, pela amizade, pelas discussões informais, pelos bons momentos de descontração e companheirismo ao longo do curso, vocês fizeram essa etapa ser mais agradável.

Ao LEAAL, pelo acesso às suas instalações, em especial à Professora Silvana Magalhães Salgado pela ajuda e apoio num momento de necessidade, obrigado por tudo e a Sebastião Camilo de Melo Filho pelos indispensáveis esclarecimentos e pelas sugestões acertadas.

A Frutaplus, pela doação do resíduo agroindustrial de seriguela, material indispensável pelo sucesso deste trabalho.

Excelência não é um ato,
mas um hábito!
ARISTÓTELES

RESUMO

As frutas tropicais como a seriguela (*Spondias purpurea* L.) são fontes de compostos fenólicos, substâncias com forte potencial antioxidante encontrada em maior quantidade em suas cascas e sementes. Estas partes resultantes do processamento de frutos são tratadas como lixo pelas agroindústrias, tornando-se contaminantes ambientais, gerando assim, custos operacionais às empresas para o seu descarte. A indústria alimentícia, principalmente a de produtos cárneos, para proteger os alimentos da oxidação lipídica, emprega antioxidantes sintéticos e baixas temperaturas de armazenamento. Entretanto, estes aditivos são apontados como mais um fator desencadeante de doenças crônicas degenerativas e temperaturas muito baixas, como ativadoras da auto-oxidação. Assim, com intuito de contribuir com a redução da poluição ambiental e de oferecer ao mercado consumidor alimentos mais naturais, livres ou com teor reduzido de químicos sintéticos, este trabalho avaliou o efeito de extratos obtidos do resíduo agroindustrial de seriguela sobre a estabilidade oxidativa de hambúrgueres bovinos, armazenados em refrigeração e congelamento. Hambúrgueres adicionados de extratos aquoso (GEa) e hidroetanólico (GEh) nas concentrações de 100, 200 e 300mg.Kg⁻¹ de fenólicos totais, foram armazenados a 4°C por 8 dias e a -22°C por 6 meses. A reação de oxidação lipídica foi monitorada pelos valores de TBARS e do pH e a oxidação dos pigmentos através da medida objetiva da cor com uso de colorímetro. Os dados foram comparados aos do grupo controle negativo (GC⁻), sem adição de substâncias; grupo padrão (GP), adicionado de 1% de cloreto de sódio e grupo controle positivo (GC⁺), adicionado de 100mg.Kg⁻¹ de BHT. O extrato aquoso e o hidroetanólico nas concentrações testadas foram eficientes em retardar a rancificação e prevenir a descoloração do produto. No entanto o melhor desempenho foi conseguido com a concentração de 300mg.Kg⁻¹. A refrigeração apresentou melhor preservação da cor da carne, enquanto que o congelamento preveniu melhor o pH. Quanto à prevenção da oxidação lipídica, as duas temperaturas de armazenamento apresentaram valores de TBARS semelhantes. Dessa forma, os extratos utilizados são eficazes em proteger os hambúrgueres da oxidação lipídica e prevenir sua descoloração e que os resultados foram influenciados pela temperatura empregada no armazenamento, o que permite vislumbrar a sua aplicação em alimentos em substituição total ou parcial aos antioxidantes sintéticos, contribuindo para a segurança alimentar e nutricional da população.

Palavras-chave: antioxidantes naturais, temperaturas de armazenamento, produtos cárneos, oxidação lipídica.

ABSTRACT

Tropical fruits such as seriguela (*Spondias purpurea* L.) are sources of phenolic compounds, substances with high antioxidant potential found in greater amounts in their skins and seeds. These parties resulting from the processing of fruit are treated as garbage by agribusinesses to become environmental contaminants, generating operating costs to companies for disposal. The food industry, especially the meat products, to protect food from lipid oxidation employs synthetic antioxidants and low storage temperatures. However, these additives are found to be more a trigger of chronic degenerative diseases and very low temperatures as activating autoxidation. Thus, aiming to contribute to the reduction of environmental pollution and to offer the consumer market more natural foods, free or reduced content of synthetic chemicals, this study evaluated the effect of extracts of the agro industrial waste seriguela on the oxidative stability of beef burgers, stored in refrigeration and freezing. Hamburgers added aqueous extracts (GEa) and hydroethanolic (GEh) at concentrations of 100, 200 and 300mg.Kg⁻¹ of total phenolics, were stored for 8 days at 4°C and -22°C for 6 months. Lipid oxidation reaction was monitored by TBARS values and pH and the oxidation of pigments through the objective color measurement with use of colorimeter. The data were compared to the negative control group (GC⁻) without addition of substances; Standard group (GP), added 1% sodium chloride and positive control group (CG⁺), added BHT 100mg.Kg⁻¹. The aqueous extract and the hydroethanolic at the concentrations tested were effective in delaying rancidity and prevent discoloration of the product. However, the best performance was achieved with a concentration of 300mg.Kg⁻¹. The refrigeration was better preservation of meat color, while freezing better prevented pH. Regarding prevention of lipid oxidation, both storage temperatures TBARS values were similar. Thus, the extracts used are effective in protecting the burgers lipid oxidation and prevent discoloration, and the results were influenced by the temperature employed in the storage, this paves its application in food in total or partial substitution of synthetic antioxidants, contributing to food security and nutrition of the population.

Key Words: natural antioxidants, temperature of storage, meat products, lipid oxidation.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
2 OBJETIVOS	12
2.1 Objetivo Geral	12
2.2 Objetivos Específicos	12
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	13
3.1 Seriguela (<i>Spondias purpurea</i> L.)	13
3.2 Resíduos agroindustriais	14
3.3 Fenólicos totais	15
3.4 Alimentos processados	17
3.5 Aplicação de antioxidantes	19
3.6 Temperaturas de armazenamento	20
3.7 Oxidação lipídica	21
3.8 Produtos cárneos	23
3.9 Cor da carne	24
4 REFERÊNCIAS	28
5 CAPÍTULO I: ESTABILIDADE OXIDATIVA DE HAMBÚRGUERES BOVINOS ADITIVADOS COM EXTRATOS DO RESÍDUO AGROINDUSTRIAL DE SERIGUELA (<i>Spondias purpurea</i> L.)	36
Resumo	36
Abstract	37
Introdução	38
Material e métodos	41
Resultados e discussão	45
Conclusão	57
Referências	58
6 CAPÍTULO II: EFEITO DA ADIÇÃO DE EXTRATOS DO RESÍDUO AGROINDUSTRIAL DE SERIGUELA (<i>Spondias purpurea</i> L.) SOBRE A ESTABILIDADE OXIDATIVA DE HAMBÚRGUERES BOVINOS ARMazenados EM REFRIGERAÇÃO E CONGELAMENTO	66
Resumo	66
Abstract	67
Introdução	68
Material e métodos	71
Resultados e discussão	75
Conclusão	87
Referências	88
7 CONSIDERAÇÕES FINAIS	94

1 INTRODUÇÃO

As frutas tropicais, como a seriguela (*Spondias purpurea* L.), são alimentos ricos em compostos bioativos. A estes compostos são atribuídos diversos efeitos benéficos à saúde, em função de sua propriedade antioxidante que inibe a oxidação de moléculas, evitando o início ou propagação das reações de oxidação em cadeia (GONZALEZ-AGUILAR et al., 2008). Os fenólicos, em especial, são os principais compostos bioativos com benefícios conhecidos para a saúde, encontrados majoritariamente em partes não comestíveis das plantas, como cascas e sementes (BABBAR et al., 2011).

As frutas são comumente consumidas *in natura*, uma vez que suas características sensoriais e propriedades nutricionais podem ser mais bem apreciadas nessa condição. Entretanto, por serem extremamente perecíveis, são, em sua grande maioria, processadas para a obtenção de produtos como sucos, néctares, polpas, geleias e doces. Nesse processamento são gerados resíduos sólidos (cascas, sementes e bagaço), os quais muitas vezes, não possuem um destino específico, tornando-se contaminantes ambientais e, conseqüentemente, gerando custos operacionais às empresas, pois necessitam de tratamento para o descarte. Devido a isso vem se averiguando a capacidade antioxidante desses tipos de materiais, a fim de destinar-lhes uma aplicação útil (INFANTE et al., 2013).

O consumo de alimentos industrializados tem aumentado de maneira crescente. Os produtos semi-prontos, entre estes, os produtos cárneos, se apresentam como excelente alternativa para o mercado. Para o consumidor, estes produtos são uma ótima opção diante da crescente necessidade de minimizar o tempo de preparo dos alimentos, principalmente para a população dos grandes centros urbanos (BORBA et al., 2013). Entretanto, um dos maiores desafios para a indústria de carnes é oferecer produtos macios, suculentos e com cor e sabor agradáveis, cujas características de frescor mantenham-se estáveis durante toda a vida de prateleira, com a maior segurança e menor custo possíveis (PEREIRA et al., 2009).

Os lipídios são importantes componentes dos produtos cárneos, conferindo-lhes características sensoriais desejáveis, porém os torna bastante susceptível às reações de oxidação. A auto-oxidação é iniciada com a formação de radicais livres, substâncias reativas estruturalmente instáveis, que levam a alterações das características nutricionais e sensoriais dos produtos (FASSEAS et al., 2008), além de afetar a integridade e a segurança dos alimentos, em decorrência da formação de compostos poliméricos potencialmente tóxicos. Assim, há a imposição da adição de antioxidantes para assegurar a qualidade do produto (PEREIRA et al., 2009).

Antioxidantes são substâncias que, presente em baixas concentrações quando comparadas as do substrato oxidável, retarda ou inibe a reação de oxidação deste substrato de maneira eficaz (BABBAR et al., 2011). A oxidação lipídica que ocorre nos alimentos é a principal causa de sua deterioração e a aplicação de antioxidantes, na maioria das vezes, sintéticos, é o recurso usado pela indústria, com a finalidade de inibir ou retardar essa reação (PEREIRA et al., 2009). Entretanto, por causa do possível papel carcinogênico desses aditivos (BABBAR et al., 2011; ITO, et al., 1986), pesquisas estão sendo focadas em explorar o potencial de antioxidantes naturais e estabelecer sua associação com benefícios para a saúde (SILVA et al., 2012b; AYALA-ZAVALA et al., 2011; ALOTHMAN et al., 2009).

Desta forma, considerando o teor de lipídios do corte cupim também chamado de giba ou mamilo (SIC, 2002), o que o torna suscetível à oxidação lipídica, e aos questionamentos relativos à inocuidade dos antioxidantes sintéticos, este trabalho visa averiguar o efeito dos compostos bioativos extraídos do resíduo agroindustrial de seriguela, como antioxidante natural, sobre a oxidação lipídica em hambúrgueres, produzidos com este corte de carne bovina.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Avaliar o potencial antioxidante do resíduo agroindustrial de seriguela (*Spondias purpurea* L.) sobre a estabilidade oxidativa de hambúrguer bovino.

2.2 Objetivos Específicos

Determinar o teor de compostos fenólicos dos extratos aquoso e hidroetanólico obtidos do resíduo agroindustrial de seriguela.

Avaliar o efeito antioxidante de extratos obtidos do resíduo agroindustrial de seriguela sobre a estabilidade oxidativa de hambúrgueres durante a vida de prateleira em refrigeração.

Definir a melhor concentração de fenólicos dos extratos obtidos do resíduo agroindustrial de seriguela que promova, de forma eficaz, a estabilidade oxidativa dos hambúrgueres.

Analisar o estado oxidativo dos hambúrgueres após o final do período de armazenamento em refrigeração e congelamento, identificando os limites impostos por cada temperatura.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Seriguela (*Spondias purpurea* L.)

Os vegetais são alimentos ricos em diversos componentes bioativos, principalmente ácido ascórbico, carotenoides, compostos fenólicos e fibra alimentar. O consumo destes componentes está relacionado a efeitos benéficos à saúde, tais como redução do risco de câncer, Alzheimer, catarata e Parkinson, entre outras patologias. Estes efeitos são atribuídos à propriedade antioxidante destes compostos bioativos, os quais inibem a oxidação de moléculas, evitando o início ou a propagação das reações de oxidação em cadeia (GONZALEZ-AGUIAR et al., 2008). Dentre os componentes bioativos destacam-se os compostos fenólicos, comumente encontrados em partes comestíveis e não comestíveis das plantas (AYALA-ZAVALA et al., 2011).

As frutas tropicais são comumente consumidas *in natura*, em virtude de suas características de cor, textura, aroma e propriedades nutricionais. Dentre estas frutas, a seriguela (*Spondias purpurea* L.) se destaca por possuir elevado potencial econômico devido ao seu baixo custo de produção, uma vez que cresce espontaneamente e se adapta a solos pobres (ALIA-TEJACAL et al., 2012), com baixa fertilidade, pouco profundos, pedregosos e arenosos (HERNÁNDEZ et al., 2008). Esta frutífera tem ainda, resistência à seca por desfolhamento, podendo ser considerada estrategicamente como uma cultura para as regiões que apresentam um forte período seco ao ano, condições edafoclimáticas encontradas em alguns locais do planeta como no nordeste brasileiro, principalmente nas zonas do sertão e agreste. É justamente nesta época do ano que a produção de outros frutos se encontra comprometida pelas condições climáticas da região e o fruto da seriguleira alcança preço comercial relativamente atrativo (ALIA-TEJACAL et al., 2012).

Os frutos da seriguleira apresentam sabor exótico e boa aceitação no mercado (MARTINS et al., 2003), são redondos ou ovóides, com tamanhos e pesos que variam entre 2 e 5 cm e entre 4 e 33 g, respectivamente. O seu epicarpo é liso à semiliso, fino, avermelhado, amarelo, marrom-avermelhado, laranja ou roxo quando maduro e o endocarpo e mesocarpo fibroso e de sabor e

aroma agradáveis, (ALIA-TEJACAL et al., 2012). O fruto apresenta pH que varia de 2,7 a 3,5 dependendo do estágio de maturação do fruto e da forma de cultivo, teor de sólido solúveis totais entre 7,0 a 15,8°Brix, parâmetro que se encontra diretamente relacionado com o local de cultivo, valores de açúcares redutores que oscilam entre 0,11 e 0,52 g/100g, e em média 0,16g/100g de proteínas (HERNÁNDEZ, et al., 2008). Silva et al. (2012a), pesquisando diferentes genótipos de seriguela, relataram que na polpa destes frutos os compostos fenólicos estão presentes em quantidades significativas (351,30 a 862,31 mg EAG.100g⁻¹), conferindo-lhes relevante capacidade sequestrante do radical 2,2-difenil-1-picrilhidrazil - DPPH. Entretanto, frutos tropicais, como a seriguela, por serem extremamente perecíveis, tem grande parte de sua produção destinada à industrialização para obtenção de produtos, como sucos, néctares, polpas congeladas, geleias, sorvetes, molhos e doces (INFANTE et al., 2013).

Diversos estudos têm demonstrado que as frutas são ricas em muitos nutrientes e compostos antioxidantes, sendo que esses constituintes se concentram majoritariamente nas cascas e sementes (BABBAR et al., 2011; SOUZA et al., 2011a; SOUZA et al., 2011b; MELO et al., 2008), material, que geralmente é descartado pelas agroindústrias como resíduos sólidos (INFANTE et al., 2013; LEITE; PAWLOWSKY, 2005). Segundo Silva (2014) o resíduo agroindustrial de seriguela é fonte de compostos fenólicos com forte potencial antioxidante.

3.2 Resíduos agroindustriais

Efeitos negativos ao ambiente, decorrentes do processamento, em particular no que se refere à poluição e ao consumo de energia têm influenciado mudanças nas tecnologias e na preocupação em utilizar os resíduos gerados nos processamentos (FELLOWS, 2006). Se uma empresa reduzir a quantidade de poluentes gerados no seu processo, proporcionará uma maior preservação do meio ambiente, além da economia nos gastos relacionados à disposição final dos mesmos (LEITE; PAWLOWSKY, 2005). No segmento agroindustrial das frutas são geradas grandes quantidades de resíduos sólidos, os quais muitas vezes, não possuem um destino específico, tornando-se contaminantes ambientais e, conseqüentemente, gerando custos operacionais às empresas, pois necessitam

de tratamento para o descarte. Estes resíduos agroindustriais são comumente constituídos por cascas, sementes e bagaço das frutas (INFANTE et al., 2013).

Em face ao progressivo aumento nos custos de disposição adequada e o baixo desempenho ambiental das medidas adotadas com relação aos resíduos agroindustriais, as indústrias têm direcionado seus esforços para o desenvolvimento de soluções mais efetivas. Uma das grandes dificuldades encontradas é a visão de que o resíduo é lixo, ou resto de um processo produtivo, e não matéria-prima e energia em potencial para outro tipo de processo (LEITE; PAWLOWSKY, 2005). Devido a isso vem se averiguando a capacidade antioxidante desses tipos de materiais, a fim de destinar-lhes uma aplicação (INFANTE et al., 2013).

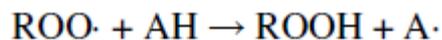
3.3 Fenólicos totais

A economia do processamento de culturas vegetais pode ser melhorada pela utilização de seus resíduos para produção de novos produtos (AYALA-ZAVALA et al., 2011), como ingredientes para alimentos funcionais e como antioxidantes naturais para substituir os seus equivalentes sintéticos que têm experimentado crescente rejeição. Esses resíduos, tradicionalmente considerados como um problema ambiental, estão sendo cada vez mais reconhecidos como fontes para a obtenção de produtos com alta concentração de fenólicos (ZHOU et al., 2009). Os polifenóis de resíduos decorrentes da produção agroindustrial contêm alto nível de várias substâncias com benefícios para a saúde que podem ser extraídos para produzir nutracêuticos (SILVA et al., 2012b; AYALA-ZAVALA et al., 2011; BABBAR et al., 2011; ALOTHMAN et al., 2009; ITO, et al., 1986).

As frutas podem apresentar grande quantidade de catequinas, flavonóis e proantocianidinas - compostos fenólicos conhecidos por sua ação antioxidante (CELLI et al., 2011). Essas substâncias são metabólitos secundários em plantas e alguns compostos fenólicos presentes em produtos naturais têm atividade antioxidante mais elevada do que a de antioxidantes sintéticos (ZHOU et al., 2009). Em adição aos seus efeitos na saúde humana, esse grupo de antioxidantes é também importante para retardar e/ou impedir a oxidação de produtos alimentares (CELLI et al., 2011) e prevenir o crescimento e

desenvolvimento de microrganismos (ZHOU et al., 2009). Segundo Morrissey et al. (1998) o mecanismo de ação antioxidante dos fenólicos pode ser descrito conforme a Figura 1.

Figura 1. Mecanismo de ação dos antioxidantes primários



Onde:

ROO· e R· = radicais livres

AH = antioxidante com um átomo de hidrogênio ativo

A· = radical inerte

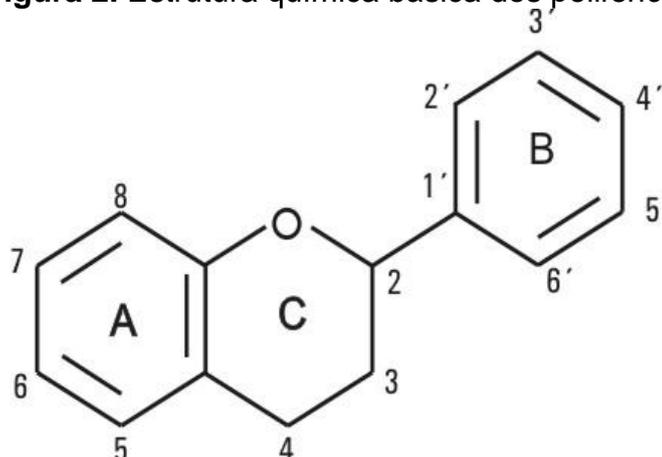
Fonte: MORRISSEY et al., 1998.

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

Os polifenóis compõe um grupo de substâncias ampla e naturalmente presente em vegetais (ZHONG et al., 2004; SUN, et al., 2002). Essas substâncias se caracterizam pela presença de pelo menos um grupo hidroxila ligado diretamente a um anel aromático, sendo o fenol o composto mais simples (BRAVO, 1998). Esse grupo encontra-se dividido em diversas classes, segundo o esqueleto carbônico dos fitoquímicos, dentre as quais se destacam a dos ácidos fenólicos e a dos flavonoides (SOARES, 2002). Os compostos desta última classe, amplamente presentes em alimentos, possuem como estrutura química básica, o difenil-propano (C6-C3-C6) que consiste em dois anéis aromáticos interligados por um anel de três carbonos, denominados anéis A, B e C, respectivamente, (Figura 2). Os hidrogênios dos grupos hidroxilas adjacentes localizados em várias posições dos anéis A, B e C, as duplas ligações dos anéis benzênicos e a carbonila no anel C (–C=O) de algumas moléculas, lhes conferem alta capacidade antioxidante. A intensidade desta ação, que está ligada principalmente à sua propriedade redutora do composto, varia em função do número e da posição das hidroxilas presentes na molécula (RICE-EVANS et al.,

1997). Cuvelier et al. (1992) afirmam que além da doação de hidrogênio e elétrons, estes compostos ao se reduzirem formam radicais intermediários estáveis que não dão continuidade a oxidação de ingredientes do alimento, sobretudo dos ácidos graxos.

Figura 2. Estrutura química básica dos polifenóis.



Devido ao potencial benefício para a manutenção da saúde e proteção contra doenças, promovido por estes componentes bioativos, tem-se aumentado o interesse entre os pesquisadores e fabricantes de alimentos por pesquisar esses compostos, e entre os consumidores observa-se uma tendência no aumento do consumo de alimentos com efeitos funcionais sobre a saúde (BABBAR et al., 2011).

3.4 Alimentos processados

A maior participação da mulher no mercado de trabalho, o crescente desenvolvimento da tecnologia e a intensificação do comércio, são fatores que vêm contribuindo decisivamente para as mudanças nos padrões alimentares e nutricionais da população brasileira (SILVA, 2000). Os produtos semi-prontos para o consumo, entre estes, os produtos cárneos, se apresentam como excelente alternativa no mercado. Para o consumidor, estes produtos são uma ótima opção diante da crescente necessidade de minimizar o tempo de preparo dos alimentos, principalmente para a população dos grandes centros urbanos, onde o consumo

desses tipos de alimentos industrializados tem aumentado de maneira crescente (BORBA et al., 2013).

Há mais de duas décadas percebe-se a presença marcante dos alimentos industrializados nas dietas adotadas no país (SILVA, 2000). Observa-se, também, um crescimento substancial no consumo de alimentos com diferentes graus de processamento (MAESTRO; SILVA, 2004). O consumo desses alimentos industrializados apresentou aumento significativo de 218% entre 1974 e 2002. Quando se compara os dados obtidos pelo Estudo Nacional de Despesa Familiar - ENDEF e pelas Pesquisas de Orçamento Familiar – POF's, é possível perceber tendências pronunciadas quanto ao consumo desses alimentos pela população brasileira no intervalo de 28 anos (DOMENE, 2007).

No entanto, uma das preocupações recorrentes entre consumidores refere-se à qualidade do alimento industrializado, especialmente associado à expectativa de risco de Doenças Crônicas Não Transmissíveis – DCNT's por ingestão de aditivos. O uso de aditivos alimentares está regulamentado por legislação nacional específica, que por sua vez considera os limites estabelecidos pelo *Joint Expert Committee on Food Additives* - JECFA, um comitê científico administrado conjuntamente pela *Food and Agriculture Organization* das Nações Unidas (FAO), e pela *World Health Organization* (WHO). Os valores de Ingestão Diária Aceitável - IDA, destes compostos são fixados a partir de dados obtidos em estudos controlados, e estão em constante revisão à luz do avanço do conhecimento (DOMENE, 2007).

Nos últimos anos têm aumentado, pelos consumidores, a procura por alimentos seguros, com menor quantidade de aditivos sintéticos, uma vez que estão especialmente preocupados com os efeitos colaterais relacionados ao consumo destes aditivos artificiais (INFANTE et al., 2013). A busca tem sido direcionada principalmente por produtos conservados em refrigeração. Esses alimentos por serem mais parecidos sensorialmente com as matérias-primas originais e possuírem uma imagem “saudável” ou “natural” tem exercido influência importante nas mudanças que vêm ocorrendo na indústria de alimentos (FELLOWS, 2006).

3.5 Aplicação de antioxidantes

As reações oxidativas que ocorrem nos alimentos são as principais causas de sua deterioração. Essas reações são responsáveis pelas perdas de valor nutricional e das características sensoriais como sabor, aroma e textura, diminuindo assim o tempo de vida de prateleira do produto (BABBAR et al., 2011). Para a conservação dos produtos cárneos utiliza-se largamente o cloreto de sódio (NaCl) ou sal de cozinha, o qual é empregado para uma variedade de fins, incluindo como aromatizante e inibição do crescimento microbiano. No entanto, tem sido demonstrado que o sal pode acelerar a oxidação dos lipídios em vários produtos à base de carne crua e cozida, e a descoloração da carne crua com a formação de metamioglobina (O'NEILL et al., 1999; RHEE, 1999; LEE et al., 1997). A teoria mais plausível para o possível efeito pró-oxidante do NaCl deve-se ao rompimento da estrutura íntegra da membrana da célula muscular, liberando substâncias catalíticas, que antes se encontravam no interior da célula, fazendo com que estas entrem em contato com os lipídios reativos que se encontram externamente (RHEE, 1988). Na carne vermelha, o mecanismo de catálise envolve mudanças na pigmentação, com a promoção da formação da ferromioglobina hipervalente ou metamioglobina ativada, composto iniciador da oxidação lipídica (RHEE, 1999).

Com o intuito de preservar a qualidade e estender a vida de prateleira do produto, a indústria de alimentos faz uso de antioxidantes, substâncias que, presentes em baixas concentrações quando comparadas a do substrato oxidável, retarda ou inibe os processos de oxidação deste substrato de maneira eficaz. Hidroxianisolbutilado (BHA), hidroxitoluenobutilado (BHT), e galato de propila (PG) são antioxidantes sintéticos comumente utilizados pela indústria de produtos cárneos (BABBAR et al., 2011). Estes antioxidantes são regulamentados e possuem uma quantidade máxima que pode ser utilizada nos produtos - 0,01g/100g (MAPA, 2006). Entretanto, mesmo consumindo em quantidades recomendadas, algumas pesquisas vêm demonstrando que o seu uso acumulativo durante anos, podem ser mais um contribuinte a se somar com os diversos fatores causadores das DCNT's (SILVA et al., 2012b; AYALA-ZAVALA et al., 2011; BABBAR et al., 2011; SOUZA et al., 2011a; SOUZA et al., 2011b;

ALOTHMAN et al., 2009). Por causa do possível papel morbífero destes aditivos uma série de pesquisas vem sendo desenvolvidas para avaliar o potencial dos antioxidantes naturais e estabelecer sua associação com benefícios para a saúde (SILVA et al., 2012b; AYALA-ZAVALA et al., 2011; BABBAR et al., 2011; ALOTHMAN et al., 2009; ITO, et al., 1986).

Os alimentos cárneos, devido a sua complexa composição química (umidade, proteínas, lipídios, minerais, etc.) são produtos bastante susceptíveis a alterações físico-química e microbiológica. Dentre essas alterações, a oxidação lipídica e a oxidação da cor são difíceis de serem controladas, principalmente devido a sua alta complexidade e variabilidade, pois são reações físico-químicas que podem ser potencializadas por ação microbiológica (SHIMOKOMAKI, et al., 2006). A adição de antioxidantes tem-se mostrado efetiva na redução da oxidação lipídica, na preservação da cor e consequentemente na obtenção de produtos cárneos com maior vida de prateleira (DESCALZO; SANCHO, 2008).

3.6 Temperaturas de armazenamento

Os processos utilizados na preservação de carne estão principalmente preocupados com a inibição da deterioração microbiana, embora consigam minimizar outras alterações deteriorativas como as mudanças de cor e reações oxidativas. O armazenamento de carnes e produtos cárneos em temperaturas abaixo ou acima do intervalo ótimo para o crescimento/desenvolvimento microbiano tem uma excelente ação preventiva em sua conservação (ZHOU et al., 2010).

Dentre os sistemas de conservação de alimentos, o uso de baixas temperaturas, como refrigeração e congelamento têm sido generalizados, especialmente para produtos altamente perecíveis, como a carne. O resfriamento é fundamental para manter as características sensoriais e para a higiene, segurança e qualidade alimentar da carne (PIETRASIK; JANZ, 2008). O resfriamento do ar reduz a temperatura da superfície e melhora a secagem da carcaça, com consequente redução do crescimento de bactérias. Um aumento na velocidade do ar e/ou uma diminuição da temperatura (ambos de formas controláveis) reduzem o tempo de arrefecimento, porém se tem como fator

limitativo, a dificuldade em remover o calor rapidamente do tecido mais profundo das carcaças. O resfriamento rápido da carcaça aumenta o rendimento do produto, devido à menor evaporação superficial, enquanto que uma secagem rápida da superfície da carcaça ajuda a reduzir o crescimento bacteriano. Refrigeração ultrarrápida de carnes antes do *rigor mortis* pode, por outro lado, levar ao endurecimento e encurtamento do produto. Resfriamento por *spray* pode melhorar a oxigenação da mioglobina sem aumentar o teor de metamioglobina superficial, mantendo assim uma aparência brilhante e eliminando a perda de peso (ZHOU et al., 2010).

O congelamento é um método de conservação comumente utilizado para armazenar carnes por períodos relativamente longos de tempo (PIETRASIK; JANZ, 2008). Nesse processo ocorre imobilização da água do produto devido à diminuição da temperatura, evitando dessa forma o crescimento e o desenvolvimento de microrganismos e uma diminuição da velocidade das reações bioquímicas (SOYER, et al., 2010; AKARPAT, et al., 2008). Entretanto a deterioração do produto pode ocorrer principalmente devido à oxidação lipídica, que tem sua atividade aumentada em decorrência da diminuição da atividade de água do alimento (AKARPAT, et al., 2008), e da formação de cristais de gelo que podem romper a estrutura íntegra da membrana celular, misturando os conteúdos intra e extracelular (SOYER, et al., 2010). Com isso a cor do produto é alterada, em virtude da oxidação dos pigmentos bem como do *flavor* que sofrem mudanças resultando no acúmulo de substâncias voláteis secundárias. Nesse processo, componentes biologicamente ativos podem ser destruídos e substâncias tóxicas e carcinogênicas (hidroperóxidos, aldeídos, ácidos, etc.) podem ser acumuladas (AKARPAT, et al., 2008).

3.7 Oxidação lipídica

Um dos maiores desafios para a indústria de carnes é oferecer produtos macios, suculentos e com cor, aroma e sabor agradáveis, de modo que as características de frescor mantenham-se estáveis durante toda a vida de prateleira, com a maior segurança e menor custo possíveis (PEREIRA et al., 2009).

Os lipídios são importantes componentes dos produtos cárneos, conferindo-lhes características sensoriais desejáveis, porém os tornam, também, mais susceptíveis às reações de oxidação. O processo oxidativo é responsável por várias alterações em alimentos, devido à formação de radicais livres que levam à produção de aldeídos responsáveis pelo desenvolvimento de sabor rançoso e mudanças na cor da carne. Além disso, promovem outras alterações que irão afetar a qualidade nutricional, a integridade e a segurança dos alimentos, tornando-os impróprios para o consumo. Isso ocorre em função da oxidação de ácidos graxos essenciais, da degradação de proteínas e de vitaminas lipossolúveis e da formação de compostos poliméricos potencialmente tóxicos (FASSEAS et al., 2007).

A oxidação da mioglobina provoca descoloração dos produtos cárneos, o que influencia na aceitação visual do consumidor final. Por isso, as composições de ácidos graxos das frações fosfolipídicas das células musculares são especialmente importante para determinar a estabilidade da carne, pois as alterações oxidativas são iniciadas a partir dos componentes de membrana das células do músculo estriado esquelético (BISWAS et al., 2012).

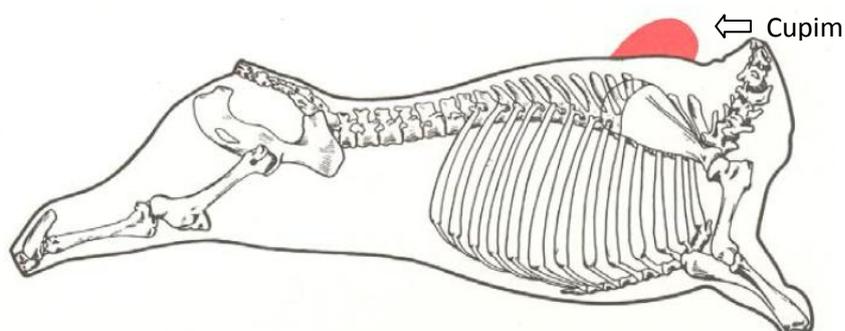
A prevenção da oxidação lipídica, fenômeno com implicação direta no valor comercial e fator limitante na qualidade, aceitação e estabilidade da carne e de produtos cárneos, necessita da utilização de compostos antioxidantes, que têm sido empregados, com a finalidade de inibir ou retardar esta reação (PEREIRA et al., 2009). A Instrução Normativa nº 51/2006 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA, que trata sobre a adição de aditivos em produtos cárneos, entre eles, os antioxidantes, estabelece o uso máximo de 0,01g/100g, ou seja, 100ppm de BHT ou BHA em produtos cárneos frescos ou cozidos embutidos ou não, secos, curados e/ou maturados ou não. Alguns estudos demonstram que mesmo consumindo quantidades regulamentadas de antioxidantes sintéticos, em longo prazo, estes tendem a se acumular ao longo da vida no organismo e vêm sendo mais um fator causador das DCNT's, principalmente, do câncer (BABBAR et al., 2011; ITO et al., 1986).

3.8 Produtos cárneos

Devido à conveniência, há uma tendência moderna no consumo de produtos cárneos minimamente processados o que resultou em aumento da produção de produtos com carnes moídas. Carnes e produtos de carne picados ou moídos sofrem mudanças oxidativas mais rapidamente, pois há uma grande exposição das membranas lipídicas aos íons metálicos catalisadores da oxidação lipídica, facilitando a interação de pró-oxidantes com os ácidos graxos insaturados que resultam na geração de radicais livres e na propagação da reação autoxidativa (DEVATKAL et al., 2010).

O corte bovino cupim, também chamado de giba ou mamilo, é formado por fibras musculares, entremeadas de gordura, situadas logo atrás do pescoço de bovinos de raça zebuína ou cruzamentos (SIC, 2002). É o corte constituído das massas musculares situadas dorsalmente ao acém. O corte é obtido pela separação, à faca, das massas musculares acima da borda superior das apófises espinhais das cinco primeiras vértebras torácicas e da cartilagem da escápula, conforme pode ser observado na Figura 3 (MAPA, 1988). Este corte possui uma quantidade significativa de gordura entremeada às fibras musculares, o que torna essa carne mais susceptível à degradação lipídica. A composição nutricional da carne é o principal fator que influencia a velocidade da oxidação dos lipídios, como a presença de íons de ferro e sódio e a constituição da fração lipídica – ácidos graxos insaturados. Na Tabela 1 pode ser observada a constituição dos principais componentes desse corte (TACO, 2011).

Figura 3. Representação gráfica da localização do corte cupim na carcaça bovina.



Fonte: MAPA, 1988.

Tabela 1. Componentes nutricionais do corte cupim.

Componentes	Quantidade/100g
Proteína	19,5 g
Lipídios	15,3 g
- Colesterol	51 mg
- Monoinsaturados	6,4 g
- Poli-insaturados	0,2 g
Ferro	1,1 mg
Sódio	47 mg

Fonte: TACO, 2011.

3.9 Cor da carne

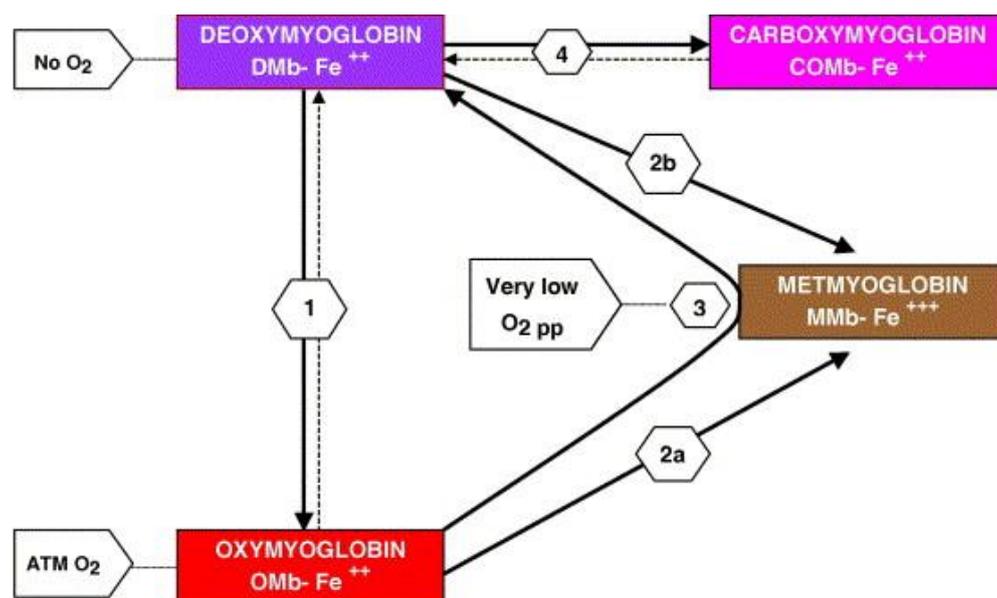
As decisões da compra de carne são influenciadas mais pela aparência do produto do que por qualquer outro fator de qualidade. A cor representa o frescor percebido e é de extrema importância tanto para a indústria como nas pesquisas realizadas sobre a carne (TAPP III et al., 2011). Como resultado, cerca de 15% da carne de varejo recebe desconto no preço devido à descoloração superficial, o que há algum tempo corresponde a perdas anuais de receita por volta de US\$ 1 bilhão (MANCINI; HUNT, 2005).

A medida objetiva da cor tem sido benéfica para as empresas que comercializam produtos de carne, pois demonstram haver relações entre as medidas instrumentais de cor da carne fresca e sua palatabilidade. Dentre os espaços de cores desenvolvidos com o intuito de obter a caracterização objetiva da cor, a Commission Internationale de l'Éclairage (CIE), em 1976, especificou o sistema *CIELab* (L^* , a^* , b^*), onde uma particular cor tem uma única localização, especificada numericamente em um espaço tridimensional esférico, definido por três eixos perpendiculares; o eixo L^* (luminosidade) varia do preto (0%) ao branco (100%); o eixo a^* , do verde (-a) ao vermelho (+a) e o eixo b^* , do azul (-b) ao amarelo (+b) (McGUIRE, 1992). Diversos fatores afetam as leituras instrumentais de cor de amostras de carne. Por definição, a fonte luminosa (fonte de luz) utilizada tem um efeito sobre os valores de medição de cor de uma amostra. Iluminantes C e D_{65} , que mais se assemelham com a luz do dia, são os mais

utilizados em artigos científicos que utilizam carnes como amostras (TAPP III et al., 2011).

A mioglobina é a principal proteína responsável pela cor da carne. Sua estrutura contém um grupo prostético localizado dentro de um centro hidrofóbico, o anel heme, que contém um átomo de ferro com localização central, podendo formar seis sítios de ligações. Quatro desses sítios estão ligados com nitrogênios pirrólicos enquanto o quinto se liga com uma histidina. O sexto sítio está disponível para se ligar de forma reversível a outros ligantes. O ligante presente no sexto sítio e a valência do ferro são os responsáveis pela cor do músculo (Figura 4). Assim, quatro principais formas químicas de mioglobina são as principais responsáveis pela cor da carne (MANCINI; HUNT, 2005).

Figura 4. Interconversões redox visíveis da mioglobina na superfície da carne.



Rx 1 (Oxygenation): $\text{DMb} + \text{O}_2 \rightarrow \text{OMb}$

Rx 2a (Oxidation): $\text{OMb} + [\text{oxygen consumption or low O}_2 \text{ partial pressure}] - e^- \rightarrow \text{MMb}$

Rx 2b (Oxidation): $[\text{DMb} - \text{hydroxyl ion} - \text{Hydrogen ion complex}] + \text{O}_2 \rightarrow \text{MMb} + \text{O}_2^-$

Rx 3 (Reduction): $\text{MMb} + \text{Oxygen consumption} + \text{metmyoglobin reducing activity} \rightarrow \text{DMb}$

Rx 4 (CarboxyMb): $\text{DMb} + \text{carbon monoxide} \rightarrow \text{COMb}$

Adaptado: Livingston; Brown, 1982; Wallace et al., 1982; Brooks, 1935.

A desoximioglobina ocorre quando nenhum ligante está presente no sexto sítio de ligação e o ferro heme está no estado ferroso - Fe^{2+} (BROOKS, 1935). Isso resulta na cor vermelho-púrpura ou púrpura-rosa, tipicamente associadas com produtos cárneos embalados à vácuo. A oximioglobina ocorre quando a

mioglobina é exposta ao oxigênio, e é caracterizada pelo desenvolvimento de uma cor vermelho-cereja. Não ocorre mudança na valência do ferro durante a oxigenação, embora o sexto sítio de ligação esteja agora ocupado por um oxigênio diatômico (MANCINI; HUNT, 2005).

A carboximioglobina é um estado químico relevante da mioglobina, de grande interesse pela indústria, pois está associada com embalagens adicionadas com baixos níveis de monóxido de carbono. A reação exata de como os derivados da mioglobina podem formar carboximioglobina não é clara. Provavelmente, o monóxido de carbono pode estar ligado no sexto sítio do anel e formar uma cor de um vermelho-brilhante, que é relativamente estável (MANCINI; HUNT, 2005). A reação de descoloração da carne com a oxidação dos derivados da mioglobina está, basicamente, na transformação do íon ferroso ao estado férrico (LIVINGSTON; BROWN, 1982; WALLACE et al., 1982). A formação da metamioglobina depende de numerosos fatores, incluindo a pressão parcial de oxigênio, temperatura, pH, oxidação lipídica, e em alguns casos, o crescimento microbiano (MANCINI; HUNT, 2005).

O controle sobre a oxidação lipídica é, também, crucial para limitar o desenvolvimento de cor marrom em carnes. Produtos da oxidação de lípidos interagem diretamente com a mioglobina, resultando num aumento da susceptibilidade do ferro no estado ferroso à oxidação. Quando o ferro no estado ferroso é oxidado, a metamioglobina resultante não consegue mais segurar o oxigênio. Esta mudança é observada visualmente com a mudança da cor vermelho-cereja da carne para um marrom intenso, e muitas vezes, é considerada pelos consumidores como um indicador de carne não fresca (ALLEN; CORNFORTH, 2010).

Os efeitos adversos dos antioxidantes sintéticos têm impulsionado diversos estudos que buscam por compostos antioxidantes de fontes naturais com vistas a empregá-los total ou parcialmente em substituição dos sintéticos por naturais (SILVA et al., 2012b; AYALA-ZAVALA et al., 2011; BABBAR et al., 2011; SOUZA et al., 2011a; SOUZA et al., 2011b; ALOTHMAN et al., 2009). Dentro deste contexto, encontram-se os resíduos agroindustriais (sementes, cascas e bagaços) que, na maioria das vezes, são detentores de concentrações expressivas de

compostos bioativos quando comparados com a parte comestível do vegetal (BABBAR et al., 2011; SOUZA et al., 2011a; SOUZA et al., 2011b; MELO et al., 2008).

Aliado a isso, a utilização desses resíduos para a obtenção de compostos antioxidantes da agroindústria representa um avanço significativo na manutenção do equilíbrio do meio ambiente, visto que grandes quantidades dos resíduos gerados apresentam sérios problemas de armazenagem, de transformação ou de eliminação, em termos ecológicos e econômicos. Esta situação vem explicando há algum tempo o interesse crescente em explorar os subprodutos agroindustriais. Desta forma, o aproveitamento de resíduos agroindustriais para a extração de antioxidantes poderá constituir-se numa atividade econômica, social e ecológica interessante, uma vez que poderá permitir a ampliação dos lucros, geração de novos empregos e redução do lixo disposto no meio ambiente (ALONSO et al., 2002). Assim, diante destas constatações, este trabalho objetivou averiguar a eficiência dos compostos bioativos de extratos do resíduo agroindustrial de seriguela em promover a estabilidade oxidativa e da cor em produtos cárneos, na perspectiva de empregá-lo em substituição aos antioxidantes sintéticos, cuja inocuidade vem sendo questionada.

4 REFERÊNCIAS

AKARPAT, A.; TURHAN, S.; USTUN, N.S. Effects of hot-water extracts from myrtle, rosemary, nettle and lemon balm leaves on lipid oxidation and color of beef patties during frozen storage. **Journal of Food Processing and Preservation**, Malden, v. 32, n. 1, p. 117-132, 2008.

ALIA-TEJACAL, I.; ASTUDILLO-MALDONADO, Y.I.; NÚÑEZ-COLÍN, C.A.; VALDEZ-AGUILAR, L.A.; BAUTISTA-BAÑOS, S.; GARCÍA-VÁZQUEZ, E.; ARIZAFLORES, R.; RIVERA-CABRERA, F. Caracterización de frutos de ciruela mexicana (*Spondias purpurea* L.) del Sur de México. **Revista Fitotecnia Mexicana**, Chapingo, v. 35, n. 5, p. 21-26, 2012.

ALLEN, K.; CORNFORTH, D. Comparison of spice-derived antioxidants and metal chelators on fresh beef color stability. **Meat Science**, Barking, v. 85, n. 4, p. 613-619, 2010.

ALONSO, A.M.; GUILLN, D.A.; BARROSO, C.G.; PUERTAS, B.; GARCA, A. Determination of antioxidant activity of wine byproducts and its correlation with polyphenolic content. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 50, n. 21, p. 5832-5836, 2002.

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.

AYALA-ZAVALA, J.F.; VEGA-VEGA, 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 potential of exotic fruit byproducts 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.

BISWAS, A.K.; CHATLI, M.K.; SAHOO, J. Antioxidant potential of curry (*Murraya koenigii* L.) and mint (*Mentha spicata*) leaf extracts and their effect on colour and oxidative stability of raw ground pork meat during refrigeration storage. **Food Chemistry**, Barking, v. 133, n. 2, p. 467-472, 2012.

BORBA, C.M.; OLIVEIRA, V.R.; MONTENEGRO, K.R.; HERTZ, P.F.; VENZKE, J.G. Avaliação físico-química de hambúrguer de carne bovina e de frango submetidos a diferentes processamentos térmicos. **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v. 24, n. 1, p. 21-27, 2013.

BRASIL, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, **Portaria nº 5, de 08 de Novembro de 1988**. Brasília, 1988.

BRASIL, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, **Instrução Normativa nº 51, de 29 de Dezembro de 2006**. Brasília, 2006.

BRASIL, **Tabela brasileira de composição de alimentos (TACO) / NEPA – UNICAMP**. 4. ed. revisada e ampliada - Campinas: NEPAUNICAMP, 2011. 161p.

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

BROOKS, J. The oxidation of haemoglobin to methaemoglobin by oxygen. II. The relation between the rate of oxidation and the partial pressure of oxygen. **Proceedings Royal Society**, London, Series B, v. 118, n. 811, p. 560-577, 1935.

CELLI, G.B.; PEREIRA-NETTO, A.B.; BETA, T. Comparative analysis of total phenolic content, antioxidant activity, and flavonoids profile of fruits from two varieties of Brazilian cherry (*Eugenia uniflora* L.) throughout the fruit developmental stages. **Food Research International**, Amsterdam, v. 44, n. 8, p. 2442-2451, 2011.

CUVELIER, M.E.; RICHARD, H.; BERSET, C. Comparison of the antioxidant activity of some acid phenols: structure-activity relationship. **Bioscience Biotechnology and Biochemistry**, Tokyo, v.59, n.3, p.324-325, 1992.

DESCALZO, A.M.; SANCHO, A.M. A review of natural antioxidants and their effects on oxidative status, odor and quality of fresh beef produced in Argentina. **Meat Science**, Barking, v. 79, n. 3, p. 423-436, 2008.

DEVATKAL, S.K.; NARSAIAH, K.; BORAH, A. Anti-oxidant effect of extracts of kinnow rind, pomegranate rind and seed powders in cooked goat meat patties. **Meat Science**, Barking, v. 85, n. 1, p. 155-159, 2010.

DOMENE, S.M.A. Tendência de consumo de alimentos industrializados pela população brasileira. In: José Augusto de Aguiar Carrazedo Taddei. (org.). **Jornadas científicas do NISAN: Núcleo Interdepartamental de Segurança Alimentar e Nutricional**. 1. ed. Barueri: Manole, 2007, v. 1, p. 90-99.

FASSEAS, M.K.; MOUNTZOURIS, K.C.; TARANTILIS, P.A.; POLISSIOU, M.; ZERVAS, G. Antioxidant activity in meat treated with oregano and sage essential oils. **Food Chemistry**, Barking, v. 106, n. 3, p. 1188-1194, 2008.

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

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

HERNÁNDEZ, B.C.R.; EULOGIO, P.B.; RAMOS, J.Z.C.; URIAS, A.M.; HASBACH, G.P.; BARRIOS, E.P. Sistemas de producción de *Spondias purpurea* (*Anacardiaceae*) en el centro-occidente de México. **Revista de Biología Tropical**, San José, v. 56, n. 2, p. 675-687, 2008.

IBGE. **Estudo Nacional da Despesa Familiar - ENDEF**. Rio de Janeiro, 1977.

IBGE. **Pesquisa de Orçamentos Familiares 1978 - 1988**. Rio de Janeiro, 1991.

IBGE. **Pesquisa de Orçamentos Familiares 1995-1996: primeiros resultados**. Rio de Janeiro, 1997.

IBGE. **Pesquisa de Orçamentos Familiares 2002 - 2003: primeiros resultados**. Rio de Janeiro, 2004.

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.

ITO, N.; HIROSE, M.; FUKUSHIMA, S.; TSUDA, H.; SHIRAI, T.; TATEMATSU, M. Studies on antioxidants: Their carcinogenic and modifying effects on chemical carcinogenesis. **Food and Chemical Toxicology**, Philadelphia, v. 24, n. 10-11, p. 1071-1082, 1986.

LEE, S.K.; MEI, L.; DECKER, E.A. Influence of sodium chloride on antioxidant enzyme activity and lipid oxidation in frozen ground pork. **Meat Science**, Barking, v. 46, n. 4, p. 349-355, 1997.

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. 96-105, 2005.

LIVINGSTON, D.J.; BROWN, W.D. The chemistry of myoglobin and its reactions. **Food Technology**, Chicago, v. 35, n. 5, p. 244-252, 1982.

MAESTRO, V.; SILVA, M.V. A participação dos alimentos industrializados na dieta de alunos de escolas públicas brasileiras. **Caderno de Debates**, Campinas, v. 11, p. 98-111, 2004.

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

MARTINS, L.P.; SILVA, S.M.; ALVES, R.E.; FILGUEIRAS, H.A.C. Fisiologia do dano pelo frio em ciriguela (*Spondias purpurea* L.). **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 25, n. 1, p. 23-26, 2003.

McGUIRE, R.G. Reporting of objective color measurements. **HortScience**, Alexandria, v. 27, n. 12, p. 1254-1255, 1992.

MELO, E.A.; MACIEL, M.I.S.; LIMA, V.A.G.L.; NASCIMENTO, R.J. Capacidade antioxidante de frutas. **Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas**, São Paulo, v. 44, n. 2, p. 193-201, 2008.

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

O'NEILL, L.M.; GALVIN, K.; MORRISSEY, P.A.; BUCKLEY, D.J. Effect of carnosine, salt and dietary vitamin E on the oxidative stability of chicken meat. **Meat Science**, Barking, v. 52, n. 1, p. 89-94, 1999.

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

PIETRASIK, Z.; JANZ J.A.M. Influence of freezing and thawing on the hydration characteristics quality, and consumer acceptance of whole muscle beef injected with solutions of salt and phosphate. **Meat Science**, Barking, v. 81, n. 3, p. 523-532, 2008.

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.

RHEE, K.S. Enzymic and nonenzymic catalysis of lipid oxidation in muscle foods. **Food Technology**, Chicago, v. 42, n. 7, p. 127-132, 1988.

RHEE, K.S. Storage stability of meat products as affected by organic and inorganic additives and functional ingredients. In: XIONG, Y.L.; Ho, C.T.; SHAHIDI, F. (Org.). **Quality attributes of muscle foods**. New York: Plenum Publishing Corp, 1999. p. 95-113.

RICE-EVANS, C.A.; MILLER, N.J.; PAGANGA, G. Antioxidant properties of phenolic compounds. **Trends Plant Science**, Oxford, v. 2, n. 4, p. 304-309, 1997.

SERVIÇO DE INFORMAÇÕES DA CARNE – SIC. **Especificações de cortes bovinos – parte 1.** Disponível em: <http://www.beefpoint.com.br/cadeia-produtiva/sic/especificacoes-dos-cortes-bovinos-parte-1-5417/>. Postado em: 10/06/2002. Acessado em: 16/01/2013.

SHIMOKOMAKI, M.; OLIVO, R.; TERRA, N.N.; FRANCO, B.D.G.M. **Atualidades em Ciência e Tecnologia de Carnes**, São Paulo: Varela, 2006. 230 p.

SILVA, R.C.O. **Resíduo agroindustrial de ciriguela: fitoquímicos bioativos e potencial antioxidante.** 2014, 97f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Departamento de Ciências Domésticas, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2014.

SILVA, M.V. Consumo de Alimentos, programas de suplementação e estado nutricional de escolares. In: SILVA, M.V. (org.), PIPITONE, M.A.P.; STURION, G.L.; PHILIPP, S.T. **Curso de atualização em alimentação e nutrição para professores da rede pública de ensino.** Piracicaba, ESALQ-Departamento de Agroindústria, Alimentos e Nutrição/FAPESP. cap. 1, 2000. p. 1-45.

SILVA, Q.J.; MOREIRA, A.C.C.G.; MELO, E.A.; LIMA, V.L.A.G. Compostos fenólicos e atividade antioxidante de genótipos de ciriguelas (*Spondia purpurea* L.). **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v. 23, n. 1, p. 73-80, 2012a.

SILVA, R.C.O.; MOREIRA, A.C.C.G.; NASCIMENTO, J.D.M.; MACIEL, M.I.S.; MELO, E.A. Antioxidant Potential of Extracts of Cajá-Umbu Peels. **The Natural Products Journal**, Sharjah, v. 2, n. 2, p. 149-154, 2012b.

SOARES, S.E. Ácidos fenólicos como antioxidantes. **Revista de Nutrição**, Campinas, v. 15, n. 1, p. 71-81, 2002.

SOUZA, M.S.B.; VIEIRA, L.M.; SILVA, M.J.M.; LIMA, A. Caracterização nutricional e compostos antioxidantes em resíduos de polpas de frutas tropicais. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 3, p. 554-559, 2011a.

SOUZA, M.S.B.; VIEIRA, L.M.; LIMA, A. Fenólicos totais e capacidade antioxidante *in vitro* de resíduos de polpas de frutas tropicais. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, v. 14, n. 3, p. 202-210, 2011b.

SOYER, A.; OZALP, B.; DALMUS, U.; BILGIN, V. Effects of freezing temperature and duration of frozen storage on lipid and protein oxidation in chicken meat. **Food Chemistry**, Barking, v. 120, p. 1025-1030, 2010.

SUN, A.Y.; SIMONYL, A.; SUN, G.Y. The “French Paradox” and beyond: neuroprotective effects of polyphenols. **Free Radical Biology & Medicine**, New York, v. 32, n. 4, p. 314-318, 2002.

TAPP III, W.N.; YANCEY, J.W.S.; APPLE, J.K. How is the instrumental color of meat measured? **Meat Science**, Barking, v. 89, n. 1, p. 1-5, 2011.

WALLACE, W.J.; HOUTCHENS, R.A.; MAXWELL, J.C.; CAUGHEY, S. Mechanism of autoxidation for hemoglobins and myoglobins. **Journal of Biological Chemistry**, v. 257, n. 9, p. 4966-4977, 1982.

ZHONG, Z.; CONNOR, H.D.; FROH, M.; LIND, H.; BUNZENDAHL, H.; MANSON, R.P.; THURMAN, R.G.; LEMASTERS, J.J. Polyphenols from *Camellia sinensis* prevent primary graft failure after transplantation of ethanol-induced fatty livers from rats. **Free Radical Biology & Medicine**, New York, v. 36, n. 10, p. 1248-1258, 2004.

ZHOU, S.-H.; FANG, Z.-X.; LÜ, Y.; CHEN, J.-C.; LIU, D.-H.; YE, X.-Q. Phenolics and antioxidant properties of bayberry (*Myrica rubra* Sieb. et Zucc.) pomace. **Food Chemistry**, Barking, v. 112, n. 2, p. 394-399, 2009.

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

CAPÍTULO I

ESTABILIDADE OXIDATIVA DE HAMBÚRGUERES BOVINOS ADITIVADOS COM EXTRATOS DO RESÍDUO AGROINDUSTRIAL DE SERIGUELA (*Spondias purpurea* L.).

Resumo

As frutas tropicais como a seriguela (*Spondias purpurea* L.) são fontes de compostos fenólicos, substâncias com forte potencial antioxidante encontrada em maior quantidade em suas cascas e sementes. Estas partes resultantes do processamento de frutos são tratadas como lixo pelas agroindústrias, tornando-se contaminantes ambientais e, conseqüentemente, gerando custos operacionais às empresas para o seu descarte. A indústria alimentícia para proteger os alimentos da oxidação lipídica, emprega antioxidantes sintéticos. Entretanto, estes aditivos vêm sendo apontados como mais um fator desencadeante de doenças crônicas degenerativas. Assim, com intuito de contribuir com a redução da poluição ambiental e de oferecer ao mercado consumidor alimentos mais naturais, livres ou com teor reduzido de químicos sintéticos, este trabalho avaliou o efeito de extratos obtidos do resíduo agroindustrial de seriguela sobre a estabilidade oxidativa de hambúrgueres bovinos, armazenados em refrigeração. Hambúrgueres adicionados de extratos aquoso (GEa) e hidroetanólico (GEh) nas concentrações de 100, 200 e 300mg.Kg⁻¹ de fenólicos totais, foram armazenados a 4°C por 8 dias. A reação de oxidação lipídica foi monitorada pelos valores de TBARS e do pH e a oxidação dos pigmentos da carne através da medida objetiva da cor com uso de colorímetro. Os dados foram comparados aos do grupo controle negativo (GC⁻), sem adição de substâncias; grupo padrão (GP), adicionado de 1% de cloreto de sódio e grupo controle positivo (GC⁺), adicionado de 100mg.Kg⁻¹ de BHT. O extrato aquoso e o hidroetanólico nas concentrações testadas foram eficientes em retardar a rancificação e prevenir a descoloração do produto. No entanto a melhor prevenção da oxidação dos lipídios e dos pigmentos foi conseguida com a concentração de 300mg.Kg⁻¹. Sendo assim, os extratos obtidos a partir do resíduo de seriguela são eficazes em proteger os hambúrgueres da oxidação lipídica e prevenir sua descoloração, o que permite vislumbrar a sua aplicação em alimentos em substituição total ou parcial aos antioxidantes sintéticos, contribuindo para a segurança alimentar e nutricional da população.

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

Abstract

Tropical fruits such as seriguela (*Spondias purpurea* L.) are sources of phenolic compounds, substances with high antioxidant potential found in greater amounts in their skins and seeds. These parties resulting from the processing of fruit are treated as garbage by agro industries, becoming environmental contaminants and thus generating operating costs to companies for disposal. The food industry to protect the food of lipid oxidation, use synthetic antioxidants. However, these additives have been pointed as another trigger of chronic degenerative diseases. Thus, aiming to contribute to the reduction of environmental pollution and to offer the consumer market more natural foods, free or reduced content of synthetic chemicals, this study evaluated the effect of extracts of the agro industrial waste seriguela on the oxidative stability of beef burgers, stored under refrigeration. Hamburgers added aqueous extracts (GEa) and hydroethanolic (GEh) at concentrations of 100, 200 and 300mg.Kg⁻¹ of total phenolics, were stored at 4°C for 8 days. Lipid oxidation reaction was monitored by TBARS values and pH and the oxidation of meat pigments through the objective color measurement with use of colorimeter. The data were compared to the negative control group (GC⁻) without addition of substances; Standard group (GP), added 1% sodium chloride and positive control group (CG⁺), added 100mg.Kg⁻¹ BHT. The aqueous extract and the hydroethanolic at the concentrations tested were effective in delaying rancidity and prevent discoloration of the product. However, the best prevention of oxidation of lipids and pigments was achieved at the concentration of 300mg.Kg⁻¹. Thus, the extracts obtained from the seriguela residue are effective in protecting the burgers lipid oxidation and prevent your discoloration, which gives insight into their application in food in total or partial substitution of synthetic antioxidants, contributing to food and nutritional security of the population.

Key Words: natural antioxidants, meat products, lipid oxidation, agro industrial residue.

Introdução

Dentre os principais componentes bioativos, destacam-se os compostos fenólicos, comumente encontrados em partes comestíveis e não comestíveis das plantas, porém majoritariamente nas cascas, sementes e bagaços das frutas (BABBAR et al., 2011; SOUZA et al., 2011a; SOUZA et al., 2011b; MELO et al., 2008), material descartado pelas agroindústrias como resíduos sólidos (INFANTE et al., 2013; LEITE; PAWLOWSKY, 2005). A estes compostos são atribuídos diversos efeitos benéficos à saúde, em função de sua propriedade antioxidante que inibem a oxidação de moléculas, evitando o início ou a propagação das reações de oxidação em cadeia (GONZALEZ-AGUILAR et al., 2008). Em função desse potencial benefício para a manutenção da saúde, tem-se aumentado o interesse entre os pesquisadores e fabricantes de alimentos por pesquisar esses compostos, e entre os consumidores observa-se uma tendência no aumento do consumo de alimentos com efeitos funcionais sobre a saúde (BABBAR et al., 2011).

Há cerca de duas décadas percebe-se a presença marcante dos alimentos industrializados nas dietas adotadas no Brasil (SILVA, 2000). Observa-se, também, um crescimento substancial no consumo de alimentos com diferentes graus de processamento (MAESTRO; SILVA, 2004). Entre estes, os produtos cárneos, se apresentam como excelente alternativa para o mercado. Para o consumidor, estes produtos são uma ótima opção diante da crescente necessidade de minimizar o tempo de preparo dos alimentos, principalmente para a população dos grandes centros urbanos (BORBA et al., 2013). Entretanto, um dos maiores desafios para a indústria de carnes é oferecer produtos macios, suculentos e com cor e sabor agradáveis, cujas características de frescor mantenham-se estáveis durante toda a vida de prateleira, com a maior segurança e o menor custo possíveis (PEREIRA et al., 2009).

Os lipídios são importantes componentes dos produtos cárneos por lhes conferir as características sensoriais desejáveis, porém, são susceptíveis a reação de oxidação. Esta reação é responsável por várias alterações em alimentos, devido à formação de radicais livres que levam a alterações nas características nutricionais e sensoriais dos produtos (FASSEAS et al., 2008),

além de afetar a integridade e a segurança dos alimentos, em decorrência da formação de compostos poliméricos potencialmente tóxicos. Assim, há a imposição da adição de antioxidantes para assegurar a qualidade do produto (PEREIRA et al., 2009). A Instrução Normativa nº 51/2006 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA, que trata sobre a adição de aditivos em produtos cárneos, entre eles, os antioxidantes, estabelece o uso máximo de 0,01g/100g, ou seja, 100ppm de BHT, BHA ou PG em produtos cárneos frescos ou cozidos, embutidos ou não, secos, curados e/ou maturados ou não. Entretanto, alguns estudos demonstram que mesmo consumindo quantidades regulamentadas de antioxidantes sintéticos, em longo prazo, pode ocorrer acúmulo, ao longo da vida, desses químicos no organismo, constituindo mais um fator causador das Doenças Crônicas Não Transmissíveis - DCNT's, principalmente do câncer (BABBAR et al., 2011; ITO et al., 1986).

Outro aspecto importante afetado pelas reações de oxidação é a cor dos produtos cárneos. A medida objetiva da cor é, portanto, um parâmetro relevante para as empresas que comercializam produtos de carne (TAPP III et al., 2011). A mioglobina, principal proteína responsável pela pigmentação da carne, encontra-se em quatro formas química, dentre as quais se destacam a oximioglobina e a metamioglobina. A primeira é gerada devido à oxigenação da mioglobina, resultando na cor vermelho-cereja no produto (MANCINI; HUNT, 2005). Produtos da oxidação de lípidos interagem diretamente com a mioglobina, resultando num aumento da susceptibilidade do ferro no estado ferroso à oxidação (ALLEN; CORNFORTH, 2010). A oxidação dos derivados da mioglobina que envolve, basicamente, a transformação do íon ferroso ao estado férrico promove a descoloração da carne (LIVINGSTON; BROWN, 1982; WALLACE et al., 1982). A formação da metamioglobina depende de numerosos fatores, incluindo a pressão parcial de oxigênio, temperatura, pH, oxidação lipídica, e em alguns casos, o crescimento microbiano (MANCINI; HUNT, 2005).

A aplicação de antioxidantes é o recurso usado pela indústria, com a finalidade de inibir ou retardar a oxidação lipídica (PEREIRA et al., 2009). Entretanto, por causa do possível papel carcinogênico desses aditivos (BABBAR et al., 2011; ITO, et al., 1986), pesquisas estão sendo focadas em explorar o

potencial de antioxidantes naturais (SILVA et al., 2012b; AYALA-ZAVALA et al., 2011; ALOTHMAN et al., 2009). Por outro lado, os consumidores, cada vez mais, têm procurado por alimentos seguros, com menor quantidade de aditivos sintéticos, uma vez que estão especialmente preocupados com os efeitos colaterais relacionados ao consumo destes aditivos artificiais (INFANTE et al., 2013). Neste sentido, surge o resíduo agroindustrial de seriguela, tratado pelas agroindústrias como material de descarte, fonte de compostos fenólicos com forte potencial antioxidante (SILVA, 2014). Frente a estas constatações, este trabalho teve como objetivo avaliar o efeito de extratos obtidos do resíduo agroindustrial de seriguela sobre a estabilidade oxidativa de hambúrgueres bovinos armazenados em refrigeração.

Material e métodos

Preparação do resíduo

O resíduo agroindustrial de seriguela foi fornecido por uma indústria local processadora e produtora de polpa de frutas. O resíduo, formado basicamente por cascas e bagaço, foi coletado na linha de produção, da peneira da despoldadora, 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 seu transporte até o laboratório de análises físico-químicas. 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. Para o processo de secagem, o resíduo foi retirado do congelamento e colocado em refrigeração à temperatura em torno de 5°C por 24 horas. Sementes e engaços que foram encontrados nesse resíduo foram excluídos para a preparação do material seco. A secagem do resíduo foi realizada em estufa de circulação de ar a 50°C até atingir umidade abaixo de 10%. Logo em seguida, o resíduo seco foi triturado até a obtenção de uma farinha de baixa granulometria e acondicionado em sacos plásticos de polietileno de baixa densidade, envolvidos em papel alumínio, e armazenado em temperatura de congelamento de ($-22^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$), até o momento da sua utilização.

O teor de umidade da farinha do resíduo foi determinado utilizando aproximadamente 5g da amostra em determinador de umidade com balança acoplada a uma fonte de radiação - equipamento de infravermelho (Marte ID50), onde foi aquecida a 105°C por 100 minutos, realizado de acordo com os métodos químicos e físicos para análise de alimentos do Instituto Adolfo Lutz - IAL, (2008).

Obtenção dos extratos

Os extratos aquoso e hidroetanólico do resíduo agroindustrial de seriguela foram obtidos utilizando 4g da farinha do resíduo de seriguela em 100mL de água destilada e de solução de etanol a 55%, respectivamente. As misturas foram mantidas aquecidas à temperatura de 50°C e em agitação a 400rpm em agitador mecânico digital (TE039/1 - Tecnal), por 30 minutos. Em seguida os extratos

foram centrifugados à 5000rpm, por 15 minutos, em centrífuga (CT-6000 R-CIENTEC) e o volume do sobrenadante reduzido para 25mL, sob vácuo a 40°C, em evaporador rotativo (Laborota-4000), conforme metodologia proposta por Silva (2014).

Os extratos obtidos foram submetidos à quantificação dos fenólicos totais de acordo com a metodologia proposta por Wettasinghe e Shaihidi (1999) e curva padrão de ácido gálico (10 a 120µg/mL, com $R^2= 0,9997$). Os resultados foram expressos em µg de fenólicos totais em equivalente de ácido gálico (EAG) por mL do extrato e mg de EAG por 100g de farinha do resíduo.

Elaboração dos hambúrgueres

A carne bovina (corte cupim) foi adquirida em peça inteira de um frigorífico local, imediatamente à sua chegada ao estabelecimento. Após ser devidamente identificada, a carne foi acondicionada em caixas isotérmicas contendo gelo de forma a retardar possíveis reações enzimáticas e crescimento microbiano durante o seu transporte até o laboratório de processamento de alimentos, onde foi imediatamente moída, homogeneizada, separada em porções com peso de 50 g e submetidas aos seguintes tratamentos:

- 1- Grupo Controle negativo (GC^-): carne moída sem adição de nenhuma substância, moldada em forma de hambúrguer (50g).
- 2- Grupo Controle positivo (GC^+): carne moída adicionada de uma solução de BHT (100mg.Kg^{-1} de carne) + 1% de cloreto de sódio e moldada em forma de hambúrguer (50g).
- 3- Grupo Padrão (GP): carne moída adicionada de 1% de cloreto de sódio e moldada em forma de hambúrguer (50g).
- 4- Grupo Extrato aquoso (GEa): carne moída moldada em forma de hambúrguer (50g), adicionada de 1% de cloreto de sódio + extrato aquoso nas seguintes concentrações de fenólicos totais:
 - a. GEa₁₀₀: 100mg.Kg^{-1} de carne
 - b. GEa₂₀₀: 200mg.Kg^{-1} de carne
 - c. GEa₃₀₀: 300mg.Kg^{-1} de carne

5- Grupo Extrato hidroetanólico (GEh): carne moída moldada em forma de hambúrguer (50g), adicionada de 1% de cloreto de sódio + extrato hidroetanólico nas seguintes concentrações de fenólicos totais:

- a. GEh₁₀₀: 100mg.Kg⁻¹ de carne
- b. GEh₂₀₀: 200mg.Kg⁻¹ de carne
- c. GEh₃₀₀: 300mg.Kg⁻¹ de carne

As amostras de cada grupo foram acondicionadas individualmente em sacos de polietileno de baixa densidade, selados e armazenados em refrigeração 4°C ±1°C durante 8 dias. No tempo 0 e a cada 2 dias, amostras foram retiradas ao acaso e submetidas às análises físico-químicas para o monitoramento da estabilidade oxidativa.

Análises físico-químicas

Determinação do potencial hidrogeniônico (pH)

O pH das amostras foi determinado utilizando o pHmetro Tec-3MP (Marca: TECNAL), onde 5g de cada amostra foi misturada com 50mL 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, 1981).

Determinação da formação de substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS)

A formação de substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico é um dos indicativos da oxidação lipídica. Para essa determinação foi pesada 5g de cada amostra, adicionada 25mL da solução de Ácido Tricloroacético (TCA) a 7,5% e homogeneizada em agitador mecânico por 5 minutos. Logo após, a mistura foi centrifugada a 4000rpm por 5 minutos e filtrada em papel de filtro qualitativo. Após a filtração, um volume de 5mL foi transferido para tubos de ensaios rosqueados e 5mL de solução de Ácido Tiobarbitúrico (TBA) foi adicionado e vigorosamente agitados. Os tubos foram levados para aquecimento em banho-maria a 85°C por 30 minutos, resfriados em água corrente e em seguida foi efetuada leitura da absorbância em espectrofotômetro (Shimatsu) no comprimento de onda de

532nm. O valor de TBARS foi calculado considerando a curva de calibração de Tetrametoxipropano (TMP) na concentração de $0,06 \times 10^{-8} \text{M}$ a $1,2 \times 10^{-8} \text{M}$. Os resultados foram expressos em mg de malonaldeído por quilo de amostra (VYNCKE, 1970).

Determinação instrumental da cor

A análise instrumental da cor da carne no sistema *CIELab* fornece informações numéricas sobre a qualidade e possíveis alterações de cor que a mesma possa sofrer ao longo do período de armazenamento. A avaliação objetiva da cor foi realizada por meio da 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^* " (luminosidade) que varia do preto (0%) ao branco (100%); o eixo " a^* ", do verde (-a) ao vermelho (+a) e o eixo " b^* ", do azul (-b) ao amarelo (+b) (McGUIRE, 1992). Apenas as amostras dos grupos adicionados de extratos que apresentaram os melhores resultados de TBARS, indicativo de uma maior estabilidade oxidativa, foram submetidas a essa análise. Após a calibração do equipamento, as amostras foram sobrepostas a uma placa branca onde foram efetuadas as determinações. O resultado final, expresso como coordenadas de cor no espaço *CIELab* (L^* , a^* , b^*), foi obtido por meio de uma média aritmética dos valores obtidos em 5 (cinco) pontos diferentes de cada triplicata.

Análises estatísticas

Todas as análises foram realizadas em triplicatas, e os resultados foram expressos como a média \pm o desvio padrão. Os dados foram calculados por análise unidirecional de variância (ANOVA) com o teste de Duncan ($p < 0,05$).

Resultados e discussão

A farinha do resíduo apresentou umidade de $7,53 \pm 1,74\%$, reduzindo, assim, a possibilidades de crescimento microbiano e a velocidade das reações químicas no produto. O teor de fenólicos totais do extrato aquoso e do hidroetanólico foi expressivo, revelando que a farinha obtida do resíduo agroindustrial de seriguela, ainda detém quantidade bastante significativa destes constituintes (Tabela 1). Evidencia-se também, que na farinha do resíduo, por ser um produto desidratado, estes fitoquímicos encontram-se em maior concentração do que na polpa do fruto. Silva et al. (2012a), analisando a polpa de diferentes genótipos de seriguela, relataram valores de fenólicos totais que variaram de 351,30 a 862,32 mg EAG.100g⁻¹. Dessa forma esse trabalho corrobora com outros estudos que afirmam que os compostos bioativos, entre eles, os compostos fenólicos, se concentram majoritariamente nas cascas e sementes dos frutos (BABBAR et al., 2011; SOUZA et al., 2011a; SOUZA et al., 2011b; MELO et al., 2008).

Tabela 1. Concentração de fenólicos totais do resíduo agroindustrial de seriguela em equivalentes de ácido gálico (EAG).

EXTRATO	$\mu\text{g EAG.mL}^{-1}$ de extrato	mg EAG.100g^{-1} de resíduo
Aquoso	$3227,00 \pm 327,90$	$2016,86 \pm 204,94$
Hidroetanólico	$3930,63 \pm 411,26$	$2456,65 \pm 257,04$

Os valores referem-se à média de três determinações \pm desvio-padrão.

Outro aspecto importante é o fato dos compostos fenólicos da farinha do resíduo serem extraídos de forma eficaz com água e solução hidroetanólica, cujos extratos podem ser aplicados diretamente em alimentos, uma vez que esses solventes não possuem toxicidade. Entretanto maior quantidade de fenólicos totais foi extraída com a solução hidroetanólico do que com a água (Tabela 1). Outros autores, também, constataram a superioridade da solução com etanol para extrair estes fitoquímicos quando comparada com a água, a exemplo de Souza et al. (2011b) que conseguiram extrair de resíduos de polpas de diferentes frutas

maior quantidade de compostos fenólicos com solução hidroetanólica a 20% do que com a água (Tabela 2).

Eles encontraram no resíduo de goiaba ($24,63 \pm 0,29$ e $46,77 \pm 0,20$), acerola ($247,62 \pm 2,08$ e $279,99 \pm 3,50$), graviola ($18,60 \pm 0,80$ e $24,11 \pm 0,60$) e cupuaçu ($4,66 \pm 0,40$ e $7,38 \pm 0,50$) mg GAE.100 g⁻¹ de fenólicos totais para extratos aquoso e hidroetanólico respectivamente.

Tabela 2. Concentração de fenólicos totais de resíduos de diferentes frutas.

Resíduo de polpa de fruta	Fenólicos totais (mg GAE.100 g ⁻¹ resíduo de polpa de fruta)	
	Extrato aquoso	Extrato hidroetanólico
Goiaba	$24,63 \pm 0,29^{dA}$	$46,77 \pm 0,20^{dB}$
Acerola	$247,62 \pm 2,08^{eA}$	$279,99 \pm 3,50^{eB}$
Abacaxi	$8,6 \pm 1,45^{bA}$	$9,11 \pm 0,99^{bA}$
Graviola	$18,60 \pm 0,80^{cA}$	$24,11 \pm 0,60^{cB}$
Bacuri	$8,57 \pm 0,09^{bA}$	$8,25 \pm 0,20^{bA}$
Cupuaçu	$4,66 \pm 0,40^{aA}$	$7,38 \pm 0,50^{aB}$

Médias \pm desvios-padrão seguidos de letras iguais minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas, não diferem entre si pelo teste de Duncan, a 5% de probabilidade.

Fonte: SOUZA et al., 2011b.

Os hambúrgueres adicionados do extrato aquoso e do hidroetanólico nas concentrações 100, 200 e 300 mg.Kg⁻¹ de fenólicos e armazenada em refrigeração (4°C \pm 1°C) foi submetida à quantificação do teor de substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS), cujos resultados encontram-se na Tabela 3. Observa-se que os valores de TBARS do grupo controle negativo (GC⁻) onde não houve adição de nenhuma substância e os do grupo padrão (GP), carne adicionada de 1% de cloreto de sódio, apresentaram aumento contínuo dos valores de malonaldeído. Este comportamento era esperado uma vez que os lipídios da carne sem adição de antioxidante (GC⁻) encontram-se desprotegidos e expostos à ação dos radicais livres e que o cloreto de sódio na proporção em que foi adicionado à carne (GP) não exerce efeito protetor, podendo atuar como um agente pró-oxidante, intensificando a ação dos radicais livres.

Observa-se, ainda, que o grupo controle positivo (GC^+), carne adicionada de BHT na concentração de 100mg.Kg^{-1} de carne, apresentou baixos níveis de malonaldeído durante todo o período de armazenamento. Enquanto que nos hambúrgueres adicionados de extrato aquoso (GEa) e de extrato hidroetanólico (GEh), com concentrações de fenólicos totais de 100mg.Kg^{-1} (GEa₁₀₀) e (GEh₁₀₀) e de 200mg.Kg^{-1} (GEa₂₀₀) e (GEh₂₀₀), apresentaram valores maiores de TBARS do que o (GC^+), porém, não ultrapassaram os valores limites estipulados por Wood et al. (2003). Estes autores relataram que o sabor rançoso resultante da oxidação lipídica pode ser identificado pelo consumidor em produtos com teores de TBARS a partir de $2,00\text{mg MDA.Kg}^{-1}$.

Tabela 3. Valores médios de TBARS (mg MDA.Kg^{-1}) em hambúrgueres adicionados de extratos de seriguela e armazenados em refrigeração por 8 dias.

GRUPO	TEMPO (DIAS)				
	0	2	4	6	8
GC^-	$0,09 \pm 0,03^{aE}$	$0,59 \pm 0,08^{aD}$	$0,84 \pm 0,05^{bC}$	$1,54 \pm 0,03^{aA}$	$0,97 \pm 0,05^{bB}$
GP	$0,09 \pm 0,03^{aE}$	$0,46 \pm 0,06^{bD}$	$1,02 \pm 0,07^{aC}$	$1,38 \pm 0,07^{aB}$	$1,68 \pm 0,02^{aA}$
GC^+	$0,09 \pm 0,03^{aB}$	$0,26 \pm 0,11^{cA}$	$0,33 \pm 0,06^{ceA}$	$0,35 \pm 0,11^{cA}$	$0,28 \pm 0,06^{dA}$
GEa_{100}	$0,09 \pm 0,03^{aD}$	$0,16 \pm 0,04^{ceD}$	$0,29 \pm 0,00^{cfC}$	$1,06 \pm 0,07^{bA}$	$0,93 \pm 0,01^{bB}$
GEh_{100}	$0,09 \pm 0,03^{aD}$	$0,22 \pm 0,03^{cdCD}$	$0,40 \pm 0,07^{cC}$	$0,82 \pm 0,12^{bA}$	$0,62 \pm 0,18^{cB}$
GEa_{200}	$0,09 \pm 0,03^{aD}$	$0,15 \pm 0,05^{defCD}$	$0,26 \pm 0,14^{defgC}$	$1,00 \pm 0,10^{bA}$	$0,60 \pm 0,03^{cB}$
GEh_{200}	$0,09 \pm 0,03^{aC}$	$0,12 \pm 0,01^{degC}$	$0,37 \pm 0,03^{cdBC}$	$1,36 \pm 0,36^{aA}$	$0,52 \pm 0,02^{cB}$
GEa_{300}	$0,09 \pm 0,03^{aC}$	$0,05 \pm 0,01^{fgC}$	$0,16 \pm 0,03^{gB}$	$0,51 \pm 0,01^{cA}$	$0,21 \pm 0,05^{dB}$
GEh_{300}	$0,09 \pm 0,03^{aC}$	$0,12 \pm 0,02^{degC}$	$0,24 \pm 0,02^{efgB}$	$0,54 \pm 0,11^{cA}$	$0,33 \pm 0,06^{dB}$

Médias \pm desvios-padrão seguidos de letras iguais minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas, não diferem entre si pelo teste de Duncan, a 5% de probabilidade.

GC^-	\emptyset	GEa_{100}	1% Ext. Aquoso + 1% NaCl	GEh_{100}	1% Ext. hidroetanólico + 1% NaCl
GP	1% NaCl	GEa_{200}	2% Ext. Aquoso + 1% NaCl	GEh_{200}	2% Ext. hidroetanólico + 1% NaCl
GC^+	1% BHT + 1% NaCl	GEa_{300}	3% Ext. Aquoso + 1% NaCl	GEh_{300}	3% Ext. hidroetanólico + 1% NaCl

Evidencia-se, também, que o emprego dos extratos, aquoso e hidroetanólico, na concentração de fenólicos totais de 300mg.Kg^{-1} (GEa₃₀₀) e (GEh₃₀₀) exibiram durante todo o período de armazenamento efeito protetor estatisticamente semelhante ou superior ao do antioxidante sintético (GC⁺), uma vez que os valores de TBARS não diferiram estatisticamente entre si. Estes dados demonstram que os extratos do resíduo agroindustrial de seriguela contendo compostos fenólicos na concentração de 300mg.Kg^{-1} podem ser utilizados como um possível substituto do antioxidante sintético BHT em produtos cárneos armazenados em refrigeração.

Observa-se que no último dia de armazenamento houve uma redução nos valores de TBARS de todos os grupos, com exceção do grupo GP. Alguns estudos tem demonstrado um aumento no valor de TBARS até certo ponto durante o período de armazenamento, seguido então pela diminuição desses valores (GATELLIER, et al., 2007; GRAU, et al., 2001; BABJI et al., 1998). Igene e Pearson (1979) estabeleceram que, durante a avaliação da oxidação lipídica em alimentos estocados, o decréscimo dos valores de TBARS ocorre provavelmente devido às interações do malonaldeído com proteínas, possivelmente através de reação de oxidação protéica.

Estudos relatam a eficiência de vários antioxidantes naturais em retardar a oxidação lipídica em produtos cárneos (Tabela 4). Novello e Pollonio (2013) utilizando óleo, farinha e sementes de linhaça dourada em hambúrgueres bovinos detectaram valores de malonaldeído semelhantes aos encontrados neste estudo. Observou-se que o óleo de linhaça protegeu o produto mais do que as sementes e do que a farinha. A diferença da ação protetora se deve à concentração diferenciada de compostos bioativos nos produtos resultantes do processamento ao qual a linhaça foi submetida. Campagnol et al. (2011) relataram que em salames aditivados de extrato hidroetanólico (95%) de marcela nas concentrações de 0,5% e 1%, os valores de TBARS foram inferiores ao do controle ($0,70 \pm 0,001$ mg MDA.Kg⁻¹). Larosa et al. (2012) investigaram o efeito protetor de condimentos comerciais moídos (0,2%) sobre a formação do malonaldeído em produto à base de tilápia armazenado em congelamento durante 120 dias e verificaram que a

sálvia obteve maior ação do que o controle positivo (propil galato). Os demais condimentos utilizados exibiram efeitos semelhantes entre si.

Os dados obtidos com os extratos da farinha do resíduo da seriguela corroboram os de outros autores que empregaram extratos de diversos vegetais em diferentes produtos cárneos e evidenciaram a eficácia dos extratos frente à oxidação lipídica (BISWAS et al., 2012; LAROSA et al., 2012; SILVA et al., 2012b; AYALA-ZAVALA et al., 2011; CAMPAGNOL et al., 2011; ALLEN; CORNFORTH, 2010; ALOTHMAN et al., 2009). É importante ressaltar que a ação dos compostos antioxidantes presentes nesses extratos, em muitos casos, equivale-se ou sobrepõe-se à do antioxidante sintético. Dentro deste contexto, ênfase deve ser dada aos extratos oriundos do resíduo agroindustrial de seriguela por se tratar de um material de descarte do processamento da fruta, material este que pode ser utilizado para obtenção de compostos fenólicos a serem empregados para retardar a oxidação lipídica de produtos cárneos, contribuindo para a segurança alimentar e nutricional da população.

Tabela 4. Valores médios de TBARS (mg MDA.Kg⁻¹) em produtos cárneos adicionados de antioxidantes naturais.

Produtos Cárneos	Antioxidantes Naturais	mg MDA.Kg ⁻¹	Fonte
Hambúrguer bovino	Óleo de linhaça	0,46	NOVELLO e POLLONIO et al., 2013
	Farinha de linhaça	0,63	
	Sementes de linhaça	0,58	
Produto à base de tilápia	Orégano	0,16	LAROSA et al., 2012
	Alecrim	0,17	
	Sálvia	0,09	
	Moringa	0,18	
Salame	Extrato hidroetanólico de marcela (1%)	0,51	CAMPAGNOL et al., 2011
	Extrato hidroetanólico de marcela (0,5%)	0,43	

A faixa ideal do pH da carne bovina para consumo varia de 5,8 a 6,2, sendo o valor de 6,4 o limite crítico para consumo (apenas para consumo imediato) e acima deste valor inicia-se sua decomposição (MAPA, 1981). Os valores médios do pH dos hambúrgueres durante o armazenamento encontram-se na Tabela 5. Analisando estes dados constata-se que todos os grupos apresentaram aumento contínuo nos valores de pH e que apenas os grupos adicionados de extratos hidroetanólico e aquoso com concentração de compostos fenólicos de 300mg.Kg⁻¹ (GEa₃₀₀) e (GEh₃₀₀) não ultrapassaram o limite estabelecido pela legislação para carne em boas condições para o consumo. Observa-se ainda que o pH dos hambúrgueres dos grupos GEa₃₀₀ e GEh₃₀₀ mantiveram-se estatisticamente iguais até o 6º e 4º dia de armazenamento, respectivamente. Kumar et al. (1986) afirmam que o aumento do pH está relacionado com o aumento da oxidação lipídica, fato que pode ser constatado ao se comparar os valores das Tabelas 5 e 3.

Tabela 5. Valores médios de pH em hambúrgueres adicionados de extratos do resíduo de seriguela e armazenados em refrigeração (4°C ±1°C) por 8 dias.

GRUPO	TEMPO (DIAS)				
	0	2	4	6	8
GC ⁻	5,71 ± 0,03 ^{aE}	5,97 ± 0,13 ^{aD}	6,18 ± 0,19 ^{bC}	7,24 ± 0,09 ^{aB}	7,47 ± 0,02 ^{aA}
GP	5,71 ± 0,03 ^{aC}	5,87 ± 0,10 ^{aC}	5,73 ± 0,14 ^{cC}	7,06 ± 0,12 ^{abB}	7,33 ± 0,09 ^{bA}
GC ⁺	5,71 ± 0,03 ^{aD}	5,90 ± 0,18 ^{aC}	6,09 ± 0,05 ^{bB}	6,58 ± 0,07 ^{cA}	6,60 ± 0,09 ^{dA}
GEa ₁₀₀	5,71 ± 0,03 ^{aC}	5,35 ± 0,05 ^{cE}	5,56 ± 0,09 ^{cdD}	7,09 ± 0,04 ^{abA}	6,84 ± 0,09 ^{cB}
GEh ₁₀₀	5,71 ± 0,03 ^{aC}	5,56 ± 0,04 ^{bD}	5,49 ± 0,05 ^{dD}	7,00 ± 0,07 ^{bA}	6,72 ± 0,07 ^{cdB}
GEa ₂₀₀	5,71 ± 0,03 ^{aE}	5,89 ± 0,11 ^{aD}	6,49 ± 0,07 ^{aC}	7,01 ± 0,10 ^{bB}	7,33 ± 0,07 ^{bA}
GEh ₂₀₀	5,71 ± 0,03 ^{aE}	5,90 ± 0,01 ^{aD}	6,50 ± 0,08 ^{aC}	7,14 ± 0,04 ^{abB}	7,32 ± 0,06 ^{bA}
GEa ₃₀₀	5,71 ± 0,03 ^{aB}	5,59 ± 0,06 ^{bB}	5,60 ± 0,18 ^{cdB}	5,68 ± 0,14 ^{eB}	6,00 ± 0,06 ^{fA}
GEh ₃₀₀	5,71 ± 0,03 ^{aB}	5,65 ± 0,13 ^{bB}	5,67 ± 0,06 ^{cdB}	6,02 ± 0,25 ^{dA}	6,18 ± 0,10 ^{eA}

Médias \pm desvios-padrão seguidos de letras iguais minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas, não diferem entre si pelo teste de Duncan, a 5% de probabilidade.

GC⁻	∅	GEa₁₀₀	1% Ext. Aquoso + 1% NaCl	GEh₁₀₀	1% Ext. hidroetanólico + 1% NaCl
GP	1% NaCl	GEa₂₀₀	2% Ext. Aquoso + 1% NaCl	GEh₂₀₀	2% Ext. hidroetanólico + 1% NaCl
GC⁺	1% BHT + 1% NaCl	GEa₃₀₀	3% Ext. Aquoso + 1% NaCl	GEh₃₀₀	3% Ext. hidroetanólico + 1% NaCl

Pereira et al. (2009) analisando carne de aves mecanicamente separada e adicionada de extratos de marcela ($6,55 \pm 0,01$) e própolis ($6,53 \pm 0,06$) armazenadas durante 10 dias em refrigeração encontraram valores de pH semelhantes quando comparado com os resultados do 8º dia de armazenamento, dos grupos GEa₁₀₀ e GEh₁₀₀, desse estudo. Biswas et al. (2012) relatam que em carne suína, adicionada de extrato etanólico de *curry* e de menta, armazenada em refrigeração durante 12 dias, os valores de pH ($6,25 \pm 0,01$ e $6,29 \pm 0,04$, respectivamente) foram semelhantes aos dos hambúrgueres deste estudo que foram adicionados de extratos hidroetanólico e aquoso com concentração de compostos fenólicos de 300mg.Kg^{-1} (GEa₃₀₀ e GEh₃₀₀) no fim do armazenamento.

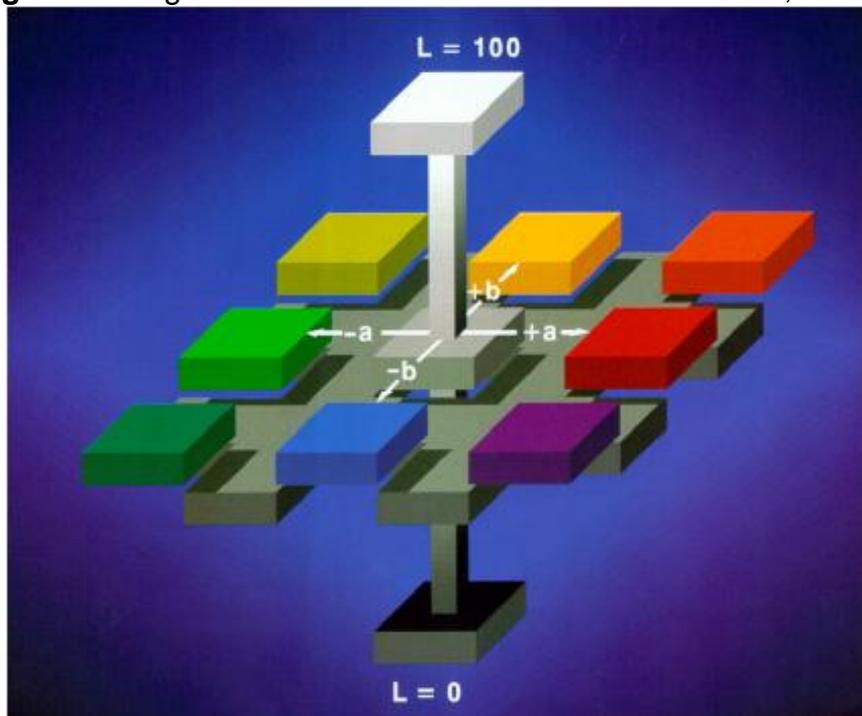
Os pigmentos presentes na carne são constituídos, principalmente, por duas proteínas: a hemoglobina, pigmento do sangue, e a mioglobina, pigmento dos músculos. A mioglobina é formada por uma porção protéica, denominada globina (proteína globular) e por uma porção não-protéica, denominada “anel-heme”. 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. No estado reduzido, o ferro (íon ferroso – Fe^{+2}) é incapaz de reagir com outras moléculas, porém na forma oxidada (íon férrico – Fe^{+3}) reage rapidamente com a água e o oxigênio molecular (FRANCO; LANDGRAF, 1996).

Altas concentrações de ácidos graxos insaturados na carne são susceptíveis a auto-oxidação, com conseqüentes alterações na cor da carne em função da oxidação dos pigmentos heme. Segundo Hernández-Hernández, et al. (2009), quando ocorre a oxidação lipídica, os pigmentos heme (hemoglobina e mioglobina) também se oxidam, em um sistema acoplado lipídio-pigmento. A cor das carnes frescas é decorrente da quantidade relativa de três formas de mioglobina: mioglobina em seu estado reduzido (Mb) de cor vermelho-púrpura, oximioglobina (O_2Mb) de cor vermelho brilhante e metamioglobina (MetMb), com a molécula de ferro oxidada (Fe^{+3}), de cor marrom (CORNFORTH, 1994; RIZVI,

1981). A cor vermelha da carne pode ainda adquirir tons verdes, marrons ou cinzas, devido à multiplicação bacteriana com produção de H_2S e/ou aos compostos oxidantes como os peróxidos. Em produtos cárneos, a cor esverdeada é a mais indesejada, pois indica que o produto sofreu graves alterações na qualidade, seja de ordem físico-química ou microbiológica, tornando-o além de não atrativo, impróprio para o consumo (FRANCO; LANDGRAF, 1996).

Os hambúrgueres dos grupos GEa_{300} e GEh_{300} , que apresentaram os menores valores de TBARS foram submetidos à análise instrumental da cor, cujos resultados estão apresentados na Tabela 6. Na análise objetiva da cor pelo sistema *CIELab* (L^* , a^* e b^*), medida instrumentalmente pelo colorímetro, o valor L^* , situado no eixo da vertical do diagrama de Hunter (Figura 1), mede a luminosidade ou a porcentagem de refletância, variando de 0 (preto) ao 100 (branco). O valor a^* , situado no eixo da horizontal, mede a variação entre a cor vermelha ($+a^*$) e a verde ($-a^*$) e o valor b^* mede a variação entre a cor amarela ($+b^*$) e a azul ($-b^*$).

Figura 1. Diagrama de Hunter mostrando as variáveis L^* , a^* e b^* .



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.

O valor L^* pode ser utilizado para verificar o tipo de carne (PSE, por exemplo) e consequentemente o início de sua degradação, pois existe uma correlação inversa entre os valores de pH e L^* , ou seja, quanto maior o valor L^* menor o pH e vice-versa (SHIMOKOMAKI, et al., 2006). Os dados deste trabalho corroboram com essa assertiva, pois os valores L^* de todas as amostras apresentaram um decréscimo contínuo, enquanto que as medidas de pH apresentaram um aumento também contínuo (Tabela 5). Porém, os grupos GC^+ , GEa_{300} e GEh_{300} apresentaram uma tendência à estabilidade nessa diminuição dos valores L^* bem como no aumento dos valores de pH, confirmando a ação dos antioxidantes na prevenção da cor e na manutenção do pH da carne.

Tabela 6. Medidas objetivas de cor (*CIELab*) em hambúrgueres adicionados de extratos de seriguela e armazenados em refrigeração ($4^{\circ}C \pm 1^{\circ}C$) por 8 dias.

	GRUPO	TEMPO (DIAS)				
		0	2	4	6	8
L^*	GC^-	$46,43 \pm 0,45^{aA}$	$44,93 \pm 0,05^{cdB}$	$45,28 \pm 0,18^{aB}$	$42,23 \pm 0,17^{aC}$	$41,52 \pm 0,40^{bD}$
	GP	$46,43 \pm 0,45^{aA}$	$44,46 \pm 0,57^{dB}$	$42,44 \pm 0,41^{cC}$	$39,45 \pm 0,34^{cD}$	$38,31 \pm 0,39^{cE}$
	GC^+	$46,43 \pm 0,45^{aA}$	$46,95 \pm 0,22^{aA}$	$45,19 \pm 0,41^{aB}$	$42,61 \pm 0,17^{aC}$	$42,14 \pm 0,19^{aC}$
	GEa_{300}	$46,43 \pm 0,45^{aA}$	$45,60 \pm 0,91^{bcA}$	$44,33 \pm 0,34^{bB}$	$41,48 \pm 0,12^{bC}$	$41,33 \pm 0,35^{bC}$
	GEh_{300}	$46,43 \pm 0,45^{aA}$	$45,98 \pm 0,45^{bA}$	$44,37 \pm 0,13^{bB}$	$41,25 \pm 0,25^{bC}$	$41,12 \pm 0,14^{bC}$

	GRUPO	TEMPO (DIAS)				
		0	2	4	6	8
a^*	GC^-	$13,11 \pm 0,17^{aA}$	$11,61 \pm 0,20^{bB}$	$9,90 \pm 0,03^{cC}$	$6,32 \pm 0,24^{dD}$	$4,97 \pm 0,84^{bE}$
	GP	$13,11 \pm 0,17^{aA}$	$11,40 \pm 0,06^{bB}$	$8,52 \pm 0,11^{dC}$	$4,73 \pm 0,44^{eD}$	$3,13 \pm 0,12^{cE}$
	GC^+	$13,11 \pm 0,17^{aA}$	$11,60 \pm 0,48^{bB}$	$10,91 \pm 0,13^{aB}$	$9,78 \pm 0,37^{aC}$	$7,06 \pm 0,68^{abD}$
	GEa_{300}	$13,11 \pm 0,17^{aA}$	$11,61 \pm 0,29^{bB}$	$10,58 \pm 0,23^{bC}$	$7,60 \pm 0,23^{cD}$	$7,40 \pm 0,30^{abD}$
	GEh_{300}	$13,11 \pm 0,17^{aA}$	$12,19 \pm 0,23^{aB}$	$10,65 \pm 0,02^{bC}$	$8,83 \pm 0,28^{bD}$	$7,78 \pm 0,39^{aE}$

b^*	GRUPO	TEMPO (DIAS)				
		0	2	4	6	8

GC⁻	6,73 ± 0,50 ^{aA}	5,33 ± 0,11 ^{cB}	4,32 ± 0,15 ^{cC}	3,31 ± 0,06 ^{bD}	2,61 ± 0,07 ^{cE}
GP	6,73 ± 0,50 ^{aA}	4,55 ± 0,03 ^{dB}	2,74 ± 0,10 ^{dC}	1,98 ± 0,09 ^{cD}	2,28 ± 0,09 ^{cD}
GC⁺	6,73 ± 0,50 ^{aA}	5,84 ± 0,08 ^{bB}	5,14 ± 0,12 ^{bC}	4,58 ± 0,28 ^{aD}	4,60 ± 0,22 ^{aD}
GEa₃₀₀	6,73 ± 0,50 ^{aA}	5,84 ± 0,06 ^{bB}	5,47 ± 0,48 ^{abB}	4,60 ± 0,12 ^{aC}	4,78 ± 0,30 ^{aC}
GEh₃₀₀	6,73 ± 0,50 ^{aA}	6,35 ± 0,12 ^{aAB}	5,87 ± 0,03 ^{aB}	4,39 ± 0,17 ^{aC}	4,00 ± 0,31 ^{bC}

Médias ± desvios-padrão seguidos de letras iguais minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas, não diferem entre si pelo teste de Duncan, a 5% de probabilidade.

GC⁻	∅	GEa₁₀₀	1% Ext. Aquoso + 1% NaCl	GEh₁₀₀	1% Ext. hidroetanólico + 1% NaCl
GP	1% NaCl	GEa₂₀₀	2% Ext. Aquoso + 1% NaCl	GEh₂₀₀	2% Ext. hidroetanólico + 1% NaCl
GC⁺	1% BHT + 1% NaCl	GEa₃₀₀	3% Ext. Aquoso + 1% NaCl	GEh₃₀₀	3% Ext. hidroetanólico + 1% NaCl

Segundo Pollonio (1994), a estrutura dos pigmentos heme está altamente correlacionada com o valor a^* , ou seja, com a intensidade da cor vermelha. O valor a^* (cor vermelha) dos hambúrgueres, adicionados com antioxidantes naturais, no último dia de armazenamento foram estatisticamente iguais ao GC^+ , mostrando que os hambúrgueres adicionados com os extratos do resíduo agroindustrial da seriguela apresentaram menores danos à cor característica da carne, havendo dessa forma, preservação da estrutura heme da amostra. Enquanto que os grupos GC^- e GP apresentaram um valor a^* menor, revelando alteração intensa na cor natural da carne, além de pigmentos de cor esverdeada, conforme pode ser observado na Figura 2. Allen e Cornforth (2010) analisando a cor da carne bovina moída adicionada de eugenol e ácido rosmarínico e mantida durante 14 dias em refrigeração, verificaram que a variante a^* apresentou valores de maior preservação da cor vermelha no 14º dia com os antioxidantes naturais adicionados, quando comparado com o valor do controle ($10,9 \pm 1,9$; $9,4 \pm 2,6$ e $4,9 \pm 0,6$, respectivamente).

Quanto ao valor b^* observa-se uma diminuição menor no grupo GEa_{300} quando comparado ao valor do grupo GC^+ enquanto que os grupos GC^- e GP apresentaram os menores valores b^* , colaborando para o surgimento de alterações na coloração das amostras destes grupos. Kim et al. (2013) verificaram que ao utilizar solução de NaCl e molho de soja para retardar a oxidação da cor de carne bovina moída armazenada por 10 dias em refrigeração, observaram aumento nos valores b^* , ou seja, o surgimento da cor amarela na carne (formação

da metamioglobina). O aumento encontrado por esses autores, resultado oposto ao encontrado neste trabalho, pode ser explicado pela concentração de NaCl utilizada nos tratamentos (10% e 20%), enquanto que neste trabalho a quantidade de cloreto de sódio foi bem menor (1%). Altas concentrações de NaCl atuam como antimicrobiano, inibindo o crescimento e desenvolvimento de microrganismos nos produtos cárneos (RHEE; ZIPRIN, 2001), prevenindo dessa forma, a formação de H₂S (FRANCO; LANDGRAF, 1996) e conseqüentemente, o surgimento da cor verde que pode interferir na quantificação do valor *b**. As alterações da oxidação da mioglobina, ou seja, do valor *b** são as que mais se relacionam com a auto-oxidação, pois esta pode agir como um catalisador da oxidação de lípidios (CHAN et al., 1997), uma vez que, basicamente, decorre da transformação do íon ferroso (Fe²⁺) ao estado férrico (Fe³⁺), altamente reativo (LIVINGSTON; BROWN, 1982; WALLACE et al., 1982).

Tabela 7. Valores médios de cor da razão *a**/*b** em hambúrgueres adicionados de extratos de seriguela e armazenados em refrigeração (4°C ±1°C) por 8 dias.

GRUPO	TEMPO (DIAS)				
	0	2	4	6	8
GC ⁻	1,95 ± 0,16 ^{aB}	2,18 ± 0,03 ^{bAB}	2,29 ± 0,07 ^{bA}	1,90 ± 0,10 ^{bcB}	1,90 ± 0,34 ^{aB}
GP	1,95 ± 0,16 ^{aC}	2,51 ± 0,02 ^{aB}	3,11 ± 0,07 ^{aA}	2,39 ± 0,24 ^{aB}	1,37 ± 0,06 ^{bD}
GC ⁺	1,95 ± 0,16 ^{aA}	1,99 ± 0,11 ^{ca}	2,12 ± 0,03 ^{bcA}	2,14 ± 0,21 ^{abA}	1,53 ± 0,10 ^{bB}
GEa ₃₀₀	1,95 ± 0,16 ^{aA}	1,99 ± 0,06 ^{ca}	1,93 ± 0,22 ^{cdA}	1,65 ± 0,04 ^{cb}	1,55 ± 0,06 ^{bB}
GEh ₃₀₀	1,95 ± 0,16 ^{aA}	1,92 ± 0,07 ^{ca}	1,81 ± 0,01 ^{da}	2,01 ± 0,14 ^{ba}	1,95 ± 0,12 ^{aA}

Médias ± desvios-padrão seguidos de letras iguais minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas, não diferem entre si pelo teste de Duncan, a 5% de probabilidade.

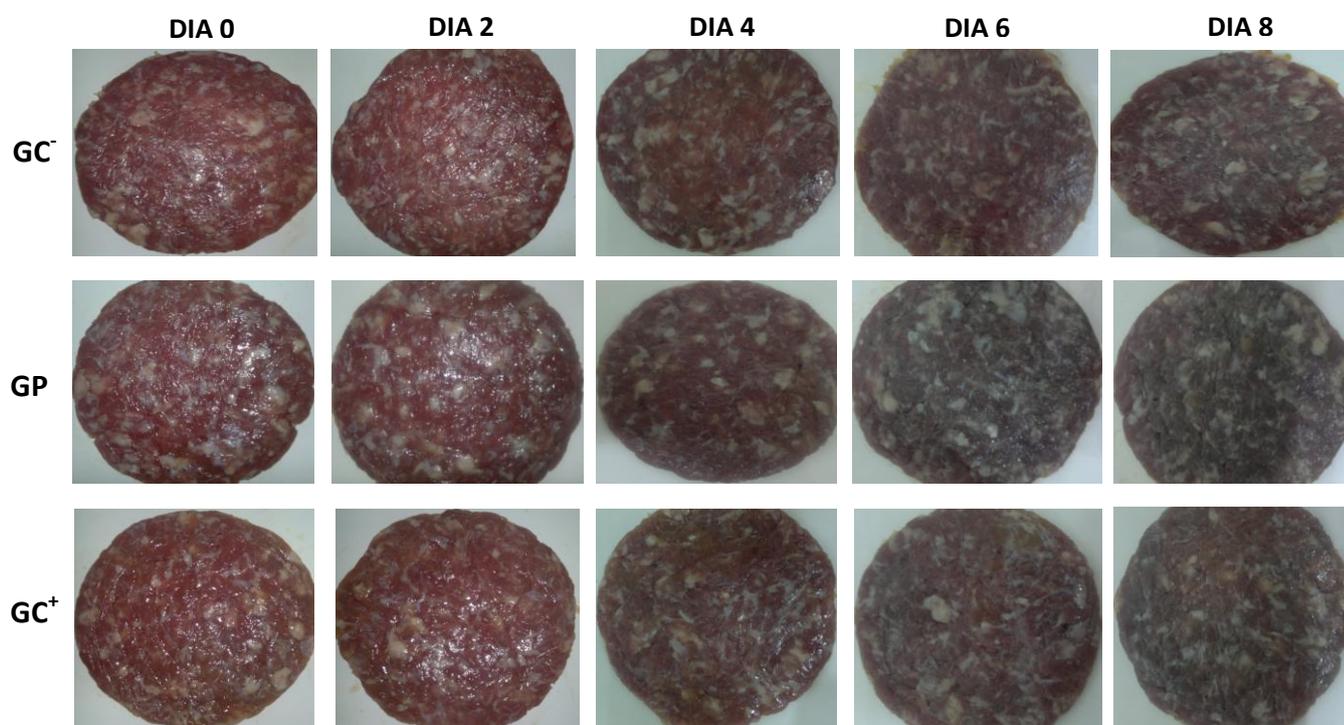
GC ⁻	∅	GEa ₁₀₀	1% Ext. Aquoso + 1% NaCl	GEh ₁₀₀	1% Ext. hidroetanólico + 1% NaCl
GP	1% NaCl	GEa ₂₀₀	2% Ext. Aquoso + 1% NaCl	GEh ₂₀₀	2% Ext. hidroetanólico + 1% NaCl
GC ⁺	1% BHT + 1% NaCl	GEa ₃₀₀	3% Ext. Aquoso + 1% NaCl	GEh ₃₀₀	3% Ext. hidroetanólico + 1% NaCl

Stewart, et al. (1965) propuseram que a razão entre valores positivos do componente *a** e os valores positivos do componente *b** do sistema *CIELab*, pode ser usada para determinar, de forma indireta, o teor de oximioglobina e metamioglobina presentes na superfície de carnes. Segundo Pereira (2002), à

medida que a razão desses dois componentes vai diminuindo, a oximioglobina (vermelho-brilhante) vai se oxidando e transformando-se em metamioglobina (marrom-amarelada ou pálida). Na Tabela 7 pode-se observar que o grupo GEh₃₀₀ manteve-se estatisticamente igual durante todo o período de armazenamento dos hambúrgueres, confirmando que a oximioglobina foi preservada e que, portanto, não houve sua transformação em metamioglobina. No grupo GP observa-se, no último dia de armazenamento, o menor valor da razão entre a^* e b^* , inferior inclusive ao do grupo GC⁻, confirmando que o NaCl atua como um pró-oxidante também, nos pigmentos heme da carne. Essas transformações dos pigmentos heme dos hambúrgueres ficam mais evidentes ao se observar a sequência cronológica de imagens da Figura 2.

Na Figura 2 percebe-se o surgimento da coloração esverdeada no oitavo dia do experimento, entretanto no grupo GP a cor verde é mais intensa ao final do armazenamento, corroborando os valores encontrados nas variáveis a^* , b^* e sua razão. O grupo GEh₃₀₀ manteve melhor a característica sensorial da cor. Visivelmente, observa-se que a aparência dos grupos GC⁺ e GEa₃₀₀ foram muito semelhantes. Carpenter et al. (2001) observaram uma forte associação entre a preferência da cor e a intenção de compra. A carne de cor vermelho-brilhante é a de maior preferência dos consumidores. Estes autores concluíram que as determinações visuais são o padrão-ouro para avaliar os efeitos de tratamentos e estimar a percepção do consumidor.

Figura 2. Imagens dos hambúrgueres aditivados com extratos do resíduo de seriguela durante o armazenamento em refrigeração ($4^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$) por 8 dias.



Conclusão

O extrato aquoso e hidroetanólico obtidos do resíduo agroindustrial de seriguela em todas as concentrações testadas promoveram a estabilidade oxidativa de lipídios e dos pigmentos heme dos hambúrgueres armazenados em refrigeração por 8 dias. Entretanto os extratos com compostos fenólicos na concentração de 300mg.Kg^{-1} foram mais eficazes em retardar as oxidações cujo efeito, foi semelhante ou superior ao do BHT, inclusive na prevenção da cor e da aparência do produto.

Dessa forma, do resíduo agroindustrial de seriguela, fonte de antioxidante natural, compostos bioativos podem ser extraídos, empregando água ou solução hidroetanólica a 55%. Nesta pesquisa estes extratos mostraram-se uma alternativa viável para a substituição dos antioxidantes sintéticos, propiciando a produção de alimentos processados mais saudáveis e contribuindo para a segurança alimentar e nutricional da população.

Referências

ALLEN, K.; CORNFORTH, D. Comparison of spice-derived antioxidants and metal chelators on fresh beef color stability. **Meat Science**, Barking, v. 85, n. 4, p. 613-619, 2010.

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.

AYALA-ZAVALA, J.F.; VEGA-VEGA, 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 potential of exotic fruit byproducts 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.

BABJI, A.S.; CHIN, S.Y.; SERI CHEMPAKA, M.Y.; ALINA, A.R. Quality of mechanically deboned chicken meat frankfurter incorporated with chicken skin. **International Journal of Food Sciences and Nutrition**, Basingstoke, v. 49, n. 5, p. 319-326, 1998.

BISWAS, A.K.; CHATLI, M.K.; SAHOO, J. Antioxidant potential of curry (*Murraya koenigii* L.) and mint (*Mentha spicata*) leaf extracts and their effect on colour and oxidative stability of raw ground pork meat during refrigeration storage. **Food Chemistry**, Barking, v. 133, n. 2, p. 467-472, 2012.

BORBA, C.M.; OLIVEIRA, V.R.; MONTENEGRO, K.R.; HERTZ, P.F.; VENZKE, J.G. Avaliação físico-química de hambúrguer de carne bovina e de frango submetidos a diferentes processamentos térmicos. **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v. 24, n. 1, p. 21-27, 2013.

BRASIL, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, **Instrução Normativa nº 51, de 29 de Dezembro de 2006**. Brasília, 2006.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Portaria nº 5, de 08 de Novembro de 1988**. Brasília, 1988.

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

CAMPAGNOL, P.C.B.; FRIES, L.L.M.; TERRA, N.N.; SANTOS, B.A.; FURTADO, A.S.; TONETO, E.R.L.; CAMPOS, R.M.L. The influence of *achyrocline satureioides* ("Marcela") extract on the lipid oxidation of salami. **Ciências e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 31, n. 1, p. 101-105, 2011.

CARPENTER, C.E.; CORNFORTH, D.P.; WHITTIER, D. Consumer preferences for beef color and packaging did not affect eating satisfaction. **Meat Science**, Barking, v. 57, n. 4, p. 359-363, 2001.

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.

CORNFORTH, D.P. Color – its basis and importance. In: PEARSON, A.M.; DUTSON, T.R. (Ed.) **Advances in meat research: quality attributes and their measurement in meat, poultry and fish products**. 1. ed. New York: AVI Books, 1994.

FASSEAS, M.K.; MOUNTZOURIS, K.C.; TARANTILIS, P.A.; POLISSIOU, M.; ZERVAS, G. Antioxidant activity in meat treated with oregano and sage essential oils. **Food Chemistry**, Barking, v. 106, n. 3, p. 1188-1194, 2008.

FRANCO, B.D.G.M.; LANDGRAF, M. **Microbiologia de Alimentos**. São Paulo: Atheneu, 1996. 182 p.

GATELLIER, P.; GOMEZ, S.; GIGAUD, V.; BERRI, C.; BIHAN-DUVAL, E.; SANTÉ-LHOUELLIER, V. Use of a fluorescence front face technique for measurement of lipid oxidation during refrigerated storage of chicken meat. **Meat Science**, Barking, v. 76, n. 3, p. 543-547, 2007.

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

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

HERNÁNDEZ-HERNÁNDEZ, E.; PONCE-ALQUICIRA, E.; JARAMILLO-FLORES, M.E.; GUERRERO-LEGARRETA, I. Antioxidant effect rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.) and oregano (*Origanum vulgare* L.) extracts on TBARS and colour of model raw pork batters. **Meat Science**, Barking, v. 81 n. 2, p. 410-417, 2009.

IAL. **Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz**. 4. ed. 2008: Métodos químicos e físicos para análise de alimentos.

IGENE, J.O.; PEARSON, A.M. Role of phospholipids and triglycerides in warmed-over flavor development in meat model systems. **Journal of Food and Science**, Chicago, v. 44, n. 5, p. 1285-1290, 1979.

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.

ITO, N.; HIROSE, M.; FUKUSHIMA, S.; TSUDA, H.; SHIRAI, T.; TATEMATSU, M. Studies on antioxidants: Their carcinogenic and modifying effects on chemical carcinogenesis. **Food and Chemical Toxicology**, Philadelphia, v. 24, n. 10-11, p. 1071-1082, 1986.

KIM, H.-W.; CHOI, Y.-S.; CHOI, J.-H.; KIM, H.-Y.; HWANG, K.-E.; SONG, D.-H.; LEE, S.-Y.; LEE, M.-A.; KIM, C.-J. Antioxidant effects of soy sauce on color stability and lipid oxidation of raw beef patties during cold storage. **Meat Science**, Barking v. 95, n. 3, p. 641-646, 2013.

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.

LAROSA, G.; CARVALHO, M.R.B.; VIDOTTI, R.M.; LIMA, T.A.M.; ALVES, V.F. Elaboração de produto cárneo de tilápia com antioxidantes visando sua utilização como recheio ou acompanhamento da refeição. **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v. 23, n. 4, p. 609-617, 2012.

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. 96-105, 2005.

LIVINGSTON, D.J.; BROWN, W.D. The chemistry of myoglobin and its reactions. **Food Technology**, Chicago, v. 35, n. 5, p. 244-252, 1982.

MAESTRO, V.; SILVA, M.V. A participação dos alimentos industrializados na dieta de alunos de escolas públicas brasileiras. **Caderno de Debates**, Campinas, v. 11, p. 98-111, 2004.

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

McGUIRE, R.G. Reporting of objective color measurements. **HortScience**, Alexandria, v. 27, n. 12, p. 1254-1255, 1992.

MELO, E.A.; MACIEL, M.I.S.; LIMA, V.A.G.L.; NASCIMENTO, R.J. Capacidade antioxidante de frutas. **Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas**, São Paulo, v. 44, n. 2, p. 193-201, 2008.

NOVELLO, D.; POLLONIO, M.A.R. Teores de colesterol e oxidação lipídica em hambúrguer bovino com adição de linhaça dourada e derivados. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 48, n. 7, p. 805-808, 2013.

PEREIRA, M.G. **Iridescência em carne suína fresca**. 2002, 34f. Monografia (Especialização em Ciências dos Alimentos) – Universidade do Contestado, Concórdia, 2002.

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 Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2009.

POLLONIO, M.A.R. **Estudo das propriedades funcionais das proteínas miofibrilares e oxidação lipídica de carne de frango mecanicamente desossada**. 1994. 141f. Tese (Doutorado em Engenharia de Alimentos) – Universidade de Campinas, Campinas, 1994.

RHEE, K.S.; ZIPRIN, Y.A. Pro-oxidative effects of NaCl in microbial growth-controlled and uncontrolled beef and chicken. **Meat Science**, Barking, v. 57, n. 1, p. 105-112, 2001.

RIZVI, S.S.H. Requirements for foods package in polymeric films. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, Philadelphia, v. 14, n. 2, p. 111-134, 1981.

SERVIÇO DE INFORMAÇÕES DA CARNE – SIC. **Especificações de cortes bovinos – parte 1**. Disponível em: <http://www.beefpoint.com.br/cadeia-produtiva/sic/especificacoes-dos-cortes-bovinos-parte-1-5417/>. Postado em: 10/06/2002. Acessado em: 16/01/2013.

SHIMOKOMAKI, M.; OLIVO, R.; TERRA, N.N.; FRANCO, B.D.G.M. **Atualidades em Ciência e Tecnologia de Carnes**, São Paulo: Varela, 2006. 230 p.

SILVA, R.C.O. **Resíduo agroindustrial de ciriguela: fitoquímicos bioativos e potencial antioxidante**. 2014, 97f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Departamento de Ciências Domésticas, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2014.

SILVA, M.V. Consumo de Alimentos, programas de suplementação e estado nutricional de escolares. In: SILVA, M.V. (org.), PIPITONE, M.A.P.; STURION, G.L.; PHILIPP, S.T. **Curso de atualização em alimentação e nutrição para professores da rede pública de ensino**. Piracicaba, ESALQ-Departamento de Agroindústria, Alimentos e Nutrição/FAPESP. cap. 1, 2000. p. 1-45.

SILVA, Q.J.; MOREIRA, A.C.C.G.; MELO, E.A.; LIMA, V.L.A.G. Compostos fenólicos e atividade antioxidante de genótipos de ciriguelas (*Spondia purpurea* L.). **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v. 23, n. 1, p. 73-80, 2012a.

SILVA, R.C.O.; MOREIRA, A.C.C.G.; NASCIMENTO, J.D.M.; MACIEL, M.I.S.; MELO, E.A. Antioxidant Potential of Extracts of Cajá-Umbu Peels. **The Natural Products Journal**, Sharjah, v. 2, n. 2, p. 149-154, 2012b.

SOUZA, M.S.B.; VIEIRA, L.M.; SILVA, M.J.M.; LIMA, A. Caracterização nutricional e compostos antioxidantes em resíduos de polpas de frutas tropicais. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 3, p. 554-559, 2011a.

SOUZA, M.S.B.; VIEIRA, L.M.; LIMA, A. Fenólicos totais e capacidade antioxidante *in vitro* de resíduos de polpas de frutas tropicais. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, v. 14, n. 3, p. 202-210, 2011b.

STEWART, M.R.; ZIPSER, M.W.; WATTS, B.M. The use of reflectance spectrophotometry for the assay of raw meat pigments. **Journal of Food and Science**, Chicago, v. 30, n. 3, p. 464-469, 1965.

TAPP III, W.N.; YANCEY, J.W.S.; APPLE, J.K. How is the instrumental color of meat measured? **Meat Science**, Barking, v. 89, n. 1, p. 1-5, 2011.

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. 1084-1087, 1970.

WALLACE, W.J.; HOUTCHENS, R.A.; MAXWELL, J.C.; CAUGHEY, S. Mechanism of autoxidation for hemoglobins and myoglobins. **Journal of Biological Chemistry**, Bethesda, v. 257, n. 9, p. 4966-4977, 1982.

WETTASINGHE, M.; SHAHIDI, F. Evening Primrose Meal: A Source of Natural Antioxidants and Scavenger of Hydrogen Peroxide and Oxygen-Derived Free Radicals. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 47, n. 5, p.1801-1812, 1999.

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.

CAPÍTULO II

EFEITO DA ADIÇÃO DE EXTRATOS DO RESÍDUO AGROINDUSTRIAL DE SERIGUELA (*Spondias purpurea* L.) SOBRE A ESTABILIDADE OXIDATIVA DE HAMBÚRGUERES BOVINOS ARMAZENADOS EM REFRIGERAÇÃO E CONGELAMENTO.

Resumo

As frutas tropicais como a seriguela (*Spondias purpurea* L.) são fontes de compostos fenólicos, substâncias com forte potencial antioxidante encontrada em maior quantidade em suas cascas e sementes. Estas partes resultantes do processamento de frutos são tratadas como lixo pelas agroindústrias, tornando-se contaminantes ambientais, gerando assim, custos operacionais às empresas para o seu descarte. A indústria alimentícia para proteger os alimentos da oxidação lipídica, emprega antioxidantes sintéticos e baixas temperaturas de armazenamento. Entretanto, estes aditivos são apontados como mais um fator desencadeante de doenças crônicas degenerativas e temperaturas muito baixas como ativadoras da auto-oxidação. Assim, com intuito de contribuir com a redução da poluição ambiental e de oferecer ao mercado consumidor alimentos mais naturais, livres ou com teor reduzido de químicos sintéticos, este trabalho avaliou o efeito de extratos obtidos do resíduo agroindustrial de seriguela sobre a estabilidade oxidativa de hambúrgueres bovinos, armazenados em refrigeração e congelamento. Hambúrgueres adicionados de extratos aquoso (GEa) e hidroetanólico (GEh) nas concentrações de 100, 200 e 300mg.Kg⁻¹ de fenólicos totais, foram armazenados a 4°C por 8 dias e a -22°C por 6 meses. A reação de oxidação lipídica foi monitorada pelos valores de TBARS e do pH e a oxidação dos pigmentos carne através da medida objetiva da cor com uso de colorímetro. Os dados foram comparados aos do grupo controle negativo (GC⁻), sem adição de substâncias; grupo padrão (GP), adicionado de 1% de cloreto de sódio e grupo controle positivo (GC⁺), adicionado de 100mg.Kg⁻¹ de BHT. O melhor desempenho foi obtido com as amostras contendo extrato na concentração de 300mg.Kg⁻¹, armazenadas tanto em refrigeração como em congelamento, cujos valores de TBARS foram semelhantes entre si. A refrigeração influenciou positivamente na preservação da cor da carne, enquanto que o congelamento proporcionou melhor estabilidade do pH. Dessa forma, os extratos utilizados são eficazes em proteger os hambúrgueres da oxidação lipídica e prevenir sua descoloração, e que os resultados foram influenciados pela temperatura empregada no armazenamento, o que permite vislumbrar a sua aplicação em alimentos em substituição total ou parcial aos antioxidantes sintéticos, contribuindo para a segurança alimentar e nutricional da população.

Palavras-chave: antioxidantes naturais, produtos cárneos, oxidação lipídica, temperatura de armazenamento.

Abstract

Tropical fruits such as seriguela (*Spondias purpurea* L.) are sources of phenolic compounds, substances with high antioxidant potential found in greater amounts in their skins and seeds. These parties resulting from the processing of fruit are treated as garbage by agribusinesses to become environmental contaminants, generating operating costs to companies for disposal. The food industry to protect food from lipid oxidation employs synthetic antioxidants and low storage temperatures. However, these additives are found to be more a trigger of chronic degenerative diseases and very low temperatures as activating autoxidation. Thus, aiming to contribute to the reduction of environmental pollution and to offer the consumer market more natural foods, free or reduced content of synthetic chemicals, this study evaluated the effect of extracts of the agro industrial waste seriguela on the oxidative stability of beef burgers, stored in refrigeration and freezing. Hamburgers added aqueous extracts (GEa) and hydroethanolic (GEh) at concentrations of 100, 200 and 300mg.Kg⁻¹ of total phenolics, were stored for 8 days at 4°C and -22°C for 6 months. Lipid oxidation reaction was monitored by TBARS values and pH and the oxidation of meat pigments through the objective color measurement with use of colorimeter. The data were compared to the negative control group (GC⁻) without addition of substances; Standard group (GP), added 1% sodium chloride and positive control group (CG⁺), added BHT 100mg.Kg⁻¹. The best performance was obtained in samples containing extract at a concentration of 300mg.Kg⁻¹, both stored under refrigeration and freezing in whose TBARS values were similar. The cooling influenced positively in the preservation of meat color, while the freezing afforded better pH. Thus, the extracts used are effective in protecting the burgers lipid oxidation and prevent discoloration, and the results were influenced by the temperature employed in the storage, this paves its application in food in total or partial substitution of synthetic antioxidants, contributing to food security and nutrition of the population.

Key Words: natural antioxidants, meat products, lipid oxidation, temperature of storage.

Introdução

As frutas tropicais, como a seriguela (*Spondias purpurea* L.), são comumente consumidas *in natura*, uma vez que suas características sensoriais e propriedades nutricionais podem ser mais bem apreciadas nesta condição (INFANTE et al., 2013). São alimentos ricos em compostos bioativos, principalmente em fenólicos totais, aos quais são atribuídos diversos efeitos benéficos à saúde, em função de sua propriedade antioxidante (GONZALEZ-AGUILAR et al., 2008). Entretanto, por serem extremamente perecíveis, as frutas, em sua grande maioria, são processadas para a obtenção de produtos como sucos, néctares, polpas, geleias e doces, gerando resíduos sólidos (cascas, sementes e bagaço), que muitas vezes, não possuem um destino específico, tornando-se contaminantes ambientais. Com a finalidade de destinar-lhes uma aplicação, vem se averiguando a capacidade antioxidante desses tipos de materiais (INFANTE et al., 2013), fonte majoritária de compostos bioativos (BABBAR et al., 2011).

O consumo de alimentos industrializados tem aumentado de maneira crescente, principalmente, dos produtos cárneos, que se apresentam como excelente alternativa para o mercado. Para o consumidor, estes produtos são uma ótima opção diante da crescente necessidade de minimizar o tempo de preparo dos alimentos, sobretudo para a população dos grandes centros urbanos (BORBA et al., 2013). Entretanto, um dos maiores desafios para a indústria de carnes é oferecer produtos macios, suculentos e com cor e sabor agradáveis, cujas características de frescor mantenham-se estáveis durante toda a vida de prateleira, com a maior segurança e o menor custo possíveis (PEREIRA et al., 2009).

Os lipídios são importantes componentes dos produtos cárneos, que lhes confere características sensoriais desejáveis. A oxidação lipídica é responsável por várias alterações em alimentos, devido à formação de radicais livres que levam a alterações nas características nutricionais e sensoriais dos produtos (FASSEAS et al., 2008), e também por afetar a integridade e a segurança dos alimentos, a partir da formação de compostos poliméricos potencialmente tóxicos (PEREIRA et al., 2009).

Outro aspecto importante afetado pelas reações de oxidação é a cor dos produtos cárneos. A medida objetiva da cor é um parâmetro relevante para as empresas que comercializam produtos de carne (TAPP III et al., 2011). A mioglobina, principal proteína responsável pela pigmentação da carne, encontra-se em quatro formas químicas, dentre as quais se destacam a oximioglobina e a metamioglobina. A primeira é gerada durante a oxigenação da mioglobina, resultando na cor vermelho-cereja no produto (MANCINI; HUNT, 2005). A oxidação dos derivados da mioglobina que envolve, basicamente, a transformação do íon ferroso ao estado férrico promove a descoloração da carne (LIVINGSTON; BROWN, 1982; WALLACE et al., 1982). A formação da metamioglobina depende de numerosos fatores, incluindo a pressão parcial de oxigênio, temperatura, pH, oxidação lipídica, e em alguns casos, o crescimento microbiano (MANCINI; HUNT, 2005).

As reações oxidativas que ocorrem nos alimentos são as principais causas de sua deterioração, como perdas de valor nutricional e das características sensoriais, diminuindo assim o tempo de vida de prateleira do produto. A aplicação de antioxidantes na indústria é bastante utilizada com a finalidade de inibir ou retardar a oxidação lipídica (PEREIRA et al., 2009). Entretanto, por causa do possível papel carcinogênico dos antioxidantes sintéticos (BABBAR et al., 2011; ITO, et al., 1986), pesquisas estão sendo focadas em explorar o potencial de antioxidantes naturais e estabelecer sua associação com benefícios para a saúde (SILVA et al., 2012b; AYALA-ZAVALA et al., 2011; ALOTHMAN et al., 2009). Em associação ao uso de antioxidantes, empregam-se baixas temperaturas na conservação de produtos cárneos (PIETRASIK; JANZ, 2008). A refrigeração é fundamental para manter as características sensoriais e para a higiene, segurança e qualidade alimentar da carne, pode ainda, melhorar a oxigenação da mioglobina mantendo sua aparência brilhante (ZHOU et al., 2010). O congelamento é utilizado para armazenar carnes por períodos relativamente longos de tempo (PIETRASIK; JANZ, 2008), pois ocorre uma imobilização da água do produto, diminuindo a velocidade das reações bioquímicas. Porém, dependendo da velocidade do congelamento pode haver formação de cristais de gelo que podem romper a estrutura íntegra da membrana celular, misturando os conteúdos intra e extracelular, promovendo aumento na atividade da oxidação

lipídica e possível alteração da cor do produto, devido à oxidação dos pigmentos (SOYER, et al., 2010; AKARPAT, et al., 2008).

O corte cupim do bovino, também chamado de giba ou mamilo (SIC, 2002), massa muscular situada dorsalmente ao acém, é formado por fibras musculares, entremeadas de gordura (MAPA, 1988). Desta forma, considerando o teor médio de lipídios presente nesse corte, o que o torna suscetível à oxidação lipídica, e aos questionamentos relativos à inocuidade dos antioxidantes sintéticos, este trabalho visa averiguar o efeito dos compostos bioativos do resíduo agroindustrial de serigueta, como antioxidante natural, sobre a oxidação lipídica em hambúrgueres, produzidos com este corte e armazenados sobre refrigeração e congelamento.

Material e métodos

Preparação do resíduo

O resíduo agroindustrial de seriguela foi fornecido por uma indústria local processadora e produtora de polpa de frutas. O resíduo, formado basicamente 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 seu transporte até o laboratório de análises físico-químicas. 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. Para o processo de secagem, o resíduo foi retirado do congelamento e colocado em refrigeração à temperatura em torno de 5°C por 24 horas. Sementes e engaços que foram encontrados nesse resíduo foram excluídos para a preparação do material seco. A secagem do resíduo foi realizada em estufa de circulação de ar a 50°C até atingir umidade abaixo de 10%. Logo em seguida, o resíduo seco foi triturado até a obtenção de uma farinha de baixa granulometria e acondicionado em sacos plásticos de polietileno de baixa densidade, envolvidos em papel alumínio, e armazenado em temperatura de congelamento de ($-22^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$), até o momento da sua utilização.

O teor de umidade da farinha do resíduo foi determinado utilizando aproximadamente 5g da amostra em determinador de umidade com balança acoplada a uma fonte de radiação - equipamento de infravermelho (Marte ID50), onde foi aquecida a 105°C por 100 minutos, realizado de acordo com os métodos químicos e físicos para análise de alimentos do Instituto Adolfo Lutz - IAL, (2008).

Obtenção dos extratos

Os extratos aquoso e hidroetanólico do resíduo agroindustrial de seriguela foram obtidos utilizando 4g da farinha do resíduo de seriguela em 100mL de água destilada e de solução de etanol a 55%, respectivamente. As misturas foram mantidas aquecidas à temperatura de 50°C e em agitação a 400rpm em agitador mecânico digital (TE039/1 - Tecnal), por 30 minutos. Em seguida os extratos foram centrifugados à 5000rpm, por 15 minutos, em centrífuga (CT-6000 R-

CIENTEC) e o volume do sobrenadante reduzido para 25mL, sob vácuo a 40°C, em evaporador rotativo (Laborota-4000), conforme metodologia proposta por Silva (2014).

Os extratos obtidos foram submetidos à quantificação dos fenólicos totais de acordo com a metodologia proposta por Wettasinghe e Shaihi (1999) e curva padrão de ácido gálico (10 a 120µg/mL, com $R^2= 0,9997$). Os resultados foram expressos em µg de fenólicos totais em equivalente de ácido gálico (EAG) por mL do extrato e mg de EAG por 100g de farinha do resíduo.

Elaboração dos hambúrgueres

A carne bovina (corte cupim) foi adquirida em peça inteira de um frigorífico local, imediatamente à sua chegada ao estabelecimento. Após ser devidamente identificada, a carne foi acondicionada em caixas isotérmicas contendo gelo de forma a retardar possíveis reações enzimáticas e crescimento microbiano, durante o seu transporte até o laboratório de processamento de alimentos, onde foi imediatamente moída, homogeneizada, separada em porções com peso de 50 g e submetidas aos seguintes tratamentos:

- 1- Grupo Controle negativo (GC⁻): carne moída sem adição de nenhuma substância, moldada em forma de hambúrguer (50g).
- 2- Grupo Controle positivo (GC⁺): carne moída adicionada de uma solução de BHT (100mg.Kg⁻¹ de carne) + 1% de cloreto de sódio e moldada em forma de hambúrguer (50g).
- 3- Grupo Padrão (GP): carne moída adicionada de 1% de cloreto de sódio e moldada em forma de hambúrguer (50g).
- 4- Grupo Extrato aquoso (GEa): carne moída moldada em forma de hambúrguer (50g), adicionada de 1% de cloreto de sódio + extrato aquoso nas seguintes concentrações de fenólicos totais:
 - a. GEa₁₀₀: 100mg.Kg⁻¹ de carne
 - b. GEa₂₀₀: 200mg.Kg⁻¹ de carne
 - c. GEa₃₀₀: 300mg.Kg⁻¹ de carne

- 5- Grupo Extrato hidroetanólico (GEh): carne moída moldada em forma de hambúrguer (50g), adicionada de 1% de cloreto de sódio + extrato hidroetanólico nas seguintes concentrações de fenólicos totais:
- GEh₁₀₀: 100mg.Kg⁻¹ de carne
 - GEh₂₀₀: 200mg.Kg⁻¹ de carne
 - GEh₃₀₀: 300mg.Kg⁻¹ de carne

As amostras de cada grupo foram acondicionadas individualmente em sacos de polietileno de baixa densidade, selados e armazenados em refrigeração 4°C ±1°C durante 8 dias e sob congelamento -22°C ±1°C por 6 meses. No tempo 0 e no fim do período estabelecido para cada forma de armazenamento, amostras foram retiradas ao acaso e submetidas às análises físico-químicas para o monitoramento da estabilidade oxidativa.

Análises físico-químicas

Determinação do potencial hidrogeniônico (pH)

O pH das amostras foi determinado utilizando o pHmetro Tec-3MP (Marca: TECNAL), onde 5g de cada amostra foi misturada com 50mL 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, 1981).

Determinação da formação de substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS)

A formação de substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico é um dos indicativos da oxidação lipídica. Para essa determinação foi pesada 5g de cada amostra, adicionada 25mL da solução de Ácido Tricloroacético (TCA) a 7,5% e homogeneizada em agitador mecânico por 5 minutos. Logo após, a mistura foi centrifugada a 4000rpm por 5 minutos e filtrada em papel de filtro qualitativo. Após a filtração, um volume de 5mL foi transferido para tubos de ensaios rosqueados e 5mL de solução de Ácido Tiobarbitúrico (TBA) foi adicionado e vigorosamente agitados. Os tubos foram levados para aquecimento em banho-maria a 85°C por 30 minutos, resfriados em água corrente e em seguida foi efetuada leitura da absorbância em espectrofotômetro (Shimatsu) no comprimento de onda de

532nm. O valor de TBARS foi calculado considerando a curva de calibração de Tetrametoxipropano (TMP) na concentração de $0,06 \times 10^{-8} \text{M}$ a $1,2 \times 10^{-8} \text{M}$. Os resultados foram expressos em mg de malonaldeído por quilo de amostra (VYNCKE, 1970).

Determinação instrumental da cor

A análise instrumental da cor da carne no sistema *CIELab* fornece informações numéricas sobre a qualidade e possíveis alterações de cor que a mesma possa sofrer ao longo do período de armazenamento. A avaliação objetiva da cor foi realizada por meio da 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^* " (luminosidade) que varia do preto (0%) ao branco (100%); o eixo " a^* ", do verde (-a) ao vermelho (+a) e o eixo " b^* ", do azul (-b) ao amarelo (+b) (McGUIRE, 1992). Após a calibração do equipamento, as amostras foram sobrepostas a uma placa branca onde foram efetuadas as determinações. O resultado final, expresso como coordenadas de cor no espaço *CIELab* (L^* , a^* , b^*), foi obtido por meio de uma média aritmética dos valores obtidos em 5 (cinco) pontos diferentes de cada triplicata.

Análises estatísticas

Todas as análises foram realizadas em triplicatas, e os resultados foram expressos como a média \pm o desvio padrão. Os dados foram calculados por análise unidirecional de variância (ANOVA) com o teste de Duncan ($p < 0,05$).

Resultados e discussão

A farinha do resíduo apresentou umidade de $7,53 \pm 1,74\%$, reduzindo, assim, a possibilidades de crescimento microbiano e a velocidade das reações químicas no produto. O teor de fenólicos totais do extrato aquoso e do hidroetanólico foi expressivo, revelando que a farinha obtida do resíduo agroindustrial de seriguela, ainda detém quantidade bastante significativa destes constituintes (Tabela 1). Evidencia-se também, que na farinha do resíduo, por ser um produto desidratado, estes fitoquímicos encontram-se em maior concentração do que na polpa do fruto. Silva et al. (2012a), analisando a polpa de diferentes genótipos de seriguela, relataram valores de fenólicos totais que variaram de 351,30 a 862,32 mg EAG.100g⁻¹. Dessa forma esse trabalho corrobora com outros estudos que afirmam que os compostos bioativos, entre eles, os compostos fenólicos, se concentram majoritariamente nas cascas e sementes dos frutos (BABBAR et al., 2011; SOUZA et al., 2011a; SOUZA et al., 2011b; MELO et al., 2008).

Tabela 1. Concentração de fenólicos totais do resíduo agroindustrial de seriguela em equivalentes de ácido gálico (EAG).

EXTRATO	$\mu\text{g EAG.mL}^{-1}$ de extrato	mg EAG.100g^{-1} de resíduo
Aquoso	$3227,00 \pm 327,90$	$2016,86 \pm 204,94$
Hidroetanólico	$3930,63 \pm 411,26$	$2456,65 \pm 257,04$

Os valores referem-se à média de três determinações \pm desvio-padrão.

Outro aspecto importante é o fato dos compostos fenólicos da farinha do resíduo serem extraídos de forma eficaz com água e solução hidroetanólica, cujos extratos podem ser aplicados diretamente em alimentos, uma vez que esses solventes não possuem toxicidade. Entretanto maior quantidade de fenólicos totais foi extraída com a solução hidroetanólico do que com a água (Tabela 1). Outros autores, também, constataram a superioridade da solução com etanol para extrair estes fitoquímicos quando comparada com a água, a exemplo de Souza et al. (2011b) que conseguiram extrair de resíduos de polpas de diferentes frutas

maior quantidade de compostos fenólicos com solução hidroetanólica a 20% do que com a água (Tabela 2).

Tabela 2. Concentração de fenólicos totais de resíduos de diferentes frutas.

Resíduo de polpa de fruta	Fenólicos totais (mg GAE.100 g ⁻¹ resíduo de polpa de fruta)	
	Extrato aquoso	Extrato hidroetanólico
Goiaba	24,63 ± 0,29 ^{dA}	46,77 ± 0,20 ^{dB}
Acerola	247,62 ± 2,08 ^{eA}	279,99 ± 3,50 ^{eB}
Abacaxi	8,6 ± 1,45 ^{bA}	9,11 ± 0,99 ^{bA}
Graviola	18,60 ± 0,80 ^{cA}	24,11 ± 0,60 ^{cB}
Bacuri	8,57 ± 0,09 ^{bA}	8,25 ± 0,20 ^{bA}
Cupuaçu	4,66 ± 0,40 ^{aA}	7,38 ± 0,50 ^{aB}

Médias ± desvios-padrão seguidos de letras iguais minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas, não diferem entre si pelo teste de Duncan, a 5% de probabilidade.

Fonte: SOUZA et al., 2011b.

Os hambúrgueres adicionados do extrato aquoso e do hidroetanólico nas concentrações 100, 200 e 300mg.Kg⁻¹ de fenólicos totais e armazenada em refrigeração (4°C ±1°C) e congelamento (-22°C ±1°C) foi submetida à quantificação do teor de substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS), cujos resultados encontram-se na Tabela 3. Observa-se que os hambúrgueres adicionados dos extratos, independente da concentração de fenólicos totais, armazenados em congelamento apresentaram valores de TBARS inferiores ao do GC⁺, carne adicionada de BHT na concentração de 100mg.Kg⁻¹. Enquanto que os hambúrgueres armazenados em refrigeração que foram adicionados de extrato aquoso e de extrato hidroetanólico, contendo 100mg.Kg⁻¹ (GEa₁₀₀) e (GEh₁₀₀) e 200mg.Kg⁻¹ (GEa₂₀₀) e (GEh₂₀₀) de fenólicos totais, os valores de TBARS foram superiores ao do GC⁺ (p<0,05). Porém, mesmo sendo superior, estes valores não ultrapassaram os limites estipulados por Wood et al. (2003). Estes autores relataram que o sabor rançoso resultante da oxidação lipídica pode ser identificado pelo consumidor em produtos com teores de TBARS a partir de 2,00mg MDA.Kg⁻¹. Observa-se, ainda, que hambúrgueres do grupo controle positivo (GC⁺) apresentam valores de malonaldeído bastante inferiores ao final do período de armazenamento em refrigeração, entretanto, no armazenamento em

congelamento, este grupo exibiu valor de TBARS superior aos dos hambúrgueres tratados com os extratos, demonstrando que nesta condição o antioxidante sintético não foi tão eficaz quanto os compostos fenólicos presentes nos extratos.

Tabela 3. Valores médios de TBARS (mg MDA.Kg^{-1}) em hambúrgueres adicionados de extratos do resíduo de seriguela e armazenados em refrigeração ($4^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$) por 8 dias e em congelamento ($-22^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$) por 6 meses.

GRUPO	TEMPO		
	0	Refrigerado (8 dias)	Congelado (6 meses)
GC ⁻	0,09 \pm 0,03 ^{aC}	0,97 \pm 0,05 ^{bA}	0,35 \pm 0,02 ^{deB}
GP	0,09 \pm 0,03 ^{aC}	1,68 \pm 0,02 ^{aA}	1,37 \pm 0,01 ^{aB}
GC ⁺	0,09 \pm 0,03 ^{aC}	0,28 \pm 0,06 ^{dB}	1,05 \pm 0,11 ^{bA}
GEa ₁₀₀	0,09 \pm 0,03 ^{aC}	0,93 \pm 0,01 ^{bA}	0,72 \pm 0,03 ^{cB}
GEh ₁₀₀	0,09 \pm 0,03 ^{aB}	0,62 \pm 0,18 ^{cA}	0,72 \pm 0,05 ^{cA}
GEa ₂₀₀	0,09 \pm 0,03 ^{aC}	0,60 \pm 0,03 ^{cA}	0,42 \pm 0,07 ^{dB}
GEh ₂₀₀	0,09 \pm 0,03 ^{aC}	0,52 \pm 0,02 ^{cB}	0,67 \pm 0,11 ^{cA}
GEa ₃₀₀	0,09 \pm 0,03 ^{aB}	0,21 \pm 0,05 ^{dA}	0,25 \pm 0,02 ^{eA}
GEh ₃₀₀	0,09 \pm 0,03 ^{aB}	0,33 \pm 0,06 ^{dA}	0,39 \pm 0,04 ^{dA}

Médias \pm desvios-padrão seguidos de letras iguais minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas, não diferem entre si pelo teste de Duncan, a 5% de probabilidade.

GC ⁻	∅	GEa ₁₀₀	1% Ext. Aquoso + 1% NaCl	GEh ₁₀₀	1% Ext. hidroetanólico + 1% NaCl
GP	1% NaCl	GEa ₂₀₀	2% Ext. Aquoso + 1% NaCl	GEh ₂₀₀	2% Ext. hidroetanólico + 1% NaCl
GC ⁺	1% BHT + 1% NaCl	GEa ₃₀₀	3% Ext. Aquoso + 1% NaCl	GEh ₃₀₀	3% Ext. hidroetanólico + 1% NaCl

Evidencia-se, também, que o emprego dos extratos, aquoso e hidroetanólico, na concentração de fenólicos totais de 300mg.Kg^{-1} (GEa₃₀₀ e GEh₃₀₀) exibiram ao final do período de armazenamento efeito protetor, semelhante e superior ao do antioxidante sintético (GC⁺) ($p < 0,05$), respectivamente, em refrigeração e em congelamento. Estes dados demonstram que os extratos do resíduo agroindustrial de seriguela contendo compostos fenólicos na concentração de 300mg.Kg^{-1} podem ser utilizados como um possível substituto do antioxidante sintético BHT em produtos cárneos.

Curiosamente, nos hambúrgueres GC⁻, nos quais não houve adição de nenhuma substância, armazenados em congelamento o valor de TBARS foi muito inferior, enquanto que no grupo padrão (GP), carne adicionada de 1% de cloreto de sódio, apresentaram os maiores valores de malonaldeído, tanto no armazenamento em refrigeração, quanto no armazenamento em congelamento. O cloreto de sódio na proporção em que foi adicionado à carne (1%) não exerce efeito protetor, podendo atuar como um agente pró-oxidante, intensificando a ação dos radicais livres.

Os dados obtidos neste trabalho bem como os relatados na literatura por outros autores, empregando extratos de diversos vegetais em diferentes produtos cárneos, revelam a eficácia dos extratos frente à oxidação lipídica (BISWAS et al., 2012; LAROSA et al., 2012; SILVA et al., 2012b; AYALA-ZAVALA et al., 2011; CAMPAGNOL et al., 2011; ALLEN; CORNFORTH, 2010; ALOTHMAN et al., 2009). É importante ressaltar que a ação dos compostos antioxidantes presentes nesses extratos, em muitos casos, equivale-se a do antioxidante sintético. Dentro deste contexto, ênfase deve ser dada a farinha do resíduo agroindustrial de seriguela, por se tratar de um material de descarte do processamento de frutas, que pode ser utilizada para obtenção de extratos a serem empregados para retardar a oxidação lipídica de produtos cárneos, contribuindo para a segurança alimentar e nutricional da população.

A faixa ideal de pH da carne bovina própria para consumo varia de 5,8 a 6,2, sendo o valor de 6,4 considerado o limite crítico, aceitável apenas em carnes para consumo imediato, uma vez que valores superiores a esse indicam o início de sua decomposição (MAPA, 1981). Evidenciam-se na Tabela 4 que os valores de pH dos hambúrgueres armazenados em refrigeração foram superiores a 6,4, exceto para os hambúrgueres GEa₃₀₀ e o GEh₃₀₀. Pode-se observar, ainda, que com exceção do GEa₃₀₀ que foi estatisticamente igual, o valor de pH dos demais grupos submetidos ao congelamento foram estatisticamente menores do que os dos armazenados em refrigeração. Portanto, constata-se que o congelamento é um método eficaz para a manutenção do pH, provavelmente por inibir o desenvolvimento de microrganismos, principais responsáveis pelo aumento do pH em produtos cárneos. Uma observação interessante é que os hambúrgueres do

grupo GC⁻ armazenados em congelamento apresentaram o menor valor de pH, sugerindo que esse tratamento é eficaz para a conservação da carne *in natura* mesmo sem adição de nenhuma substância.

Tabela 4. Valores médios de pH em hambúrgueres adicionados de extratos do resíduo de seriguela e armazenados em refrigeração (4°C ±1°C) por 8 dias e em congelamento (-22°C ±1°C) por 6 meses.

GRUPO	TEMPO		
	0	Refrigerado (8 dias)	Congelado (6 meses)
GC ⁻	5,71 ± 0,03 ^{aC}	7,47 ± 0,02 ^{aA}	5,82 ± 0,03 ^{eB}
GP	5,71 ± 0,03 ^{aC}	7,33 ± 0,09 ^{bA}	5,98 ± 0,07 ^{cdB}
GC ⁺	5,71 ± 0,03 ^{aC}	6,60 ± 0,09 ^{dA}	6,15 ± 0,07 ^{aB}
GEa ₁₀₀	5,71 ± 0,03 ^{aC}	6,84 ± 0,09 ^{CA}	6,00 ± 0,02 ^{cdB}
GEh ₁₀₀	5,71 ± 0,03 ^{aC}	6,72 ± 0,07 ^{cdA}	6,00 ± 0,04 ^{cdB}
GEa ₂₀₀	5,71 ± 0,03 ^{aC}	7,33 ± 0,07 ^{bA}	6,09 ± 0,04 ^{abB}
GEh ₂₀₀	5,71 ± 0,03 ^{aC}	7,32 ± 0,06 ^{bA}	6,03 ± 0,01 ^{bcB}
GEa ₃₀₀	5,71 ± 0,03 ^{aB}	6,00 ± 0,06 ^{fA}	5,94 ± 0,02 ^{dA}
GEh ₃₀₀	5,71 ± 0,03 ^{aC}	6,18 ± 0,10 ^{eA}	5,99 ± 0,03 ^{cdB}

Médias ± desvios-padrão seguidos de letras iguais minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas, não diferem entre si pelo teste de Duncan, a 5% de probabilidade.

GC ⁻	∅	GEa ₁₀₀	1% Ext. Aquoso + 1% NaCl	GEh ₁₀₀	1% Ext. hidroetanólico + 1% NaCl
GP	1% NaCl	GEa ₂₀₀	2% Ext. Aquoso + 1% NaCl	GEh ₂₀₀	2% Ext. hidroetanólico + 1% NaCl
GC ⁺	1% BHT + 1% NaCl	GEa ₃₀₀	3% Ext. Aquoso + 1% NaCl	GEh ₃₀₀	3% Ext. hidroetanólico + 1% NaCl

Kumar et al. (1986) afirmam que quanto maior o valor de pH, maior a oxidação lipídica. Essa afirmação pode ser confirmada ao se confrontar os valores de TBARS (Tabela 3) com os valores de pH (Tabela 4). Observa-se que os grupos que apresentaram maiores valores de pH também apresentaram maiores valores de TBARS. No entanto, os hambúrgueres GC⁺ e GEh₂₀₀ em congelamento apresentaram os maiores valores de TBARS, quando comparados com os respectivos grupos em refrigeração, e exibiram menores de pH. Esta contradição possivelmente se deve a formação de cristais de gelo durante o

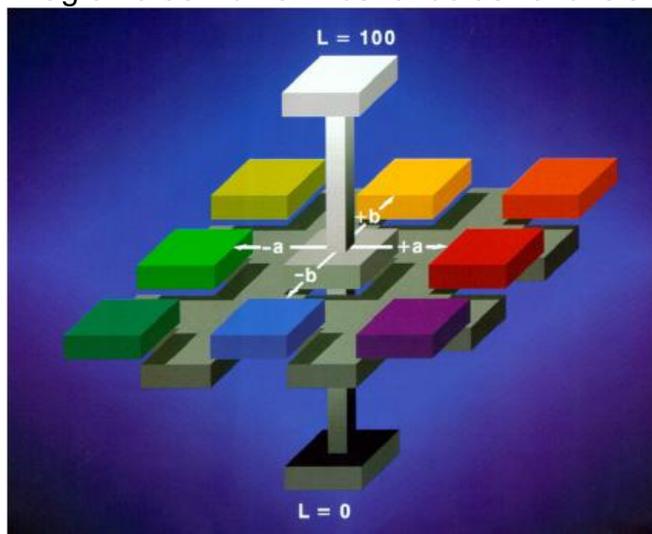
congelamento, que dependendo de seus tamanhos podem romper a estrutura da membrana celular e expor os lipídios extracelulares às substâncias catalisadoras que se encontravam intracelularmente (SOYER, et al., 2010; AKARPAT, et al., 2008) favorecendo a oxidação lipídica.

Os pigmentos presentes na carne são constituídos, principalmente, por duas proteínas: a hemoglobina, pigmento do sangue, e a mioglobina, pigmento dos músculos. A mioglobina é formada por uma porção protéica, denominada globina (proteína globular) e por uma porção não-protéica, denominada “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. Se presente no estado reduzido, o ferro (íon ferroso – Fe^{+2}) é incapaz de reagir com outras moléculas, enquanto que na forma oxidada (íon férrico – Fe^{+3}) reage rapidamente com a água e o oxigênio molecular (FRANCO; LANDGRAF, 1996).

Altas concentrações de ácidos graxos insaturados na carne a torna susceptível a auto-oxidação, que também provocam alterações na sua cor. Segundo Hernández-Hernández, et al. (2009), quando ocorre a oxidação lipídica, os pigmentos heme (hemoglobina e mioglobina) também se oxidam, em um sistema acoplado lipídio-pigmento, tendo como resultado alteração na pigmentação. 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_2Mb) de cor vermelho-brilhante e metamioglobina (MetMb), forma em que a molécula de ferro encontra-se oxidada (Fe^{+3}), conferindo à carne a cor marrom (CORNFORTH, 1994; RIZVI, 1981). Entretanto, a cor vermelha da carne pode ainda adquirir tons verdes, marrons ou cinzas, devido à multiplicação bacteriana com produção de H_2S , e/ou pela presença de compostos oxidantes como os peróxidos. Em produtos cárneos a cor esverdeada é a mais indesejada, pois indica que o produto sofreu graves alterações na qualidade, seja de ordem físico-química e/ou microbiológica. Assim, o produto com esta coloração além de não ser atrativo, também é impróprio para o consumo (FRANCO; LANDGRAF, 1996).

Na análise objetiva da cor pelo sistema *CIELab* (L^* , a^* e b^*), medida instrumental efetuada com o uso de colorímetro, o valor L^* , situado no eixo da vertical do diagrama de Hunter (Figura 1), variando de 0 (preto) a 100 (branco), mede a luminosidade ou a porcentagem de refletância. O valor a^* , situado no eixo da horizontal, mede a variação entre a cor vermelha ($+a^*$) e a verde ($-a^*$) e o valor b^* mede a variação entre a cor amarela ($+b^*$) e a azul ($-b^*$).

Figura 1. Diagrama de Hunter mostrando as variáveis L^* , a^* e b^* .



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. O valor L^* pode ser utilizado para verificar o tipo de carne (PSE, por exemplo) e, conseqüentemente, o início de sua degradação, pois existe uma correlação inversa entre os valores de pH e L^* , ou seja, quanto maior o valor L^* menor o pH e vice-versa (SHIMOKOMAKI, et al., 2006). Essa assertiva pode ser constatada ao observar que os valores L^* dos hambúrgueres submetidos ao congelamento foram superiores aos dos hambúrgueres refrigerados (Tabela 5), enquanto que os valores de pH apresentaram-se de forma inversa (Tabela 4), revelando, assim, um menor escurecimento da cor da carne dos hambúrgueres em congelamento. Observa-se, ainda, que os valores L^* de todos os hambúrgueres tratados com os extratos foram estatisticamente inferiores ao valor do hambúrguer GC⁺.

Tabela 5. Medidas objetivas de cor (*CIELab*) em hambúrgueres adicionados de extratos de seriguela e armazenados em refrigeração ($4^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$) por 8 dias e em congelamento ($-22^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$) por 6 meses.

	GRUPO	TEMPO		
		0	Refrigerado (8 dias)	Congelado (6 meses)
<i>L</i> *	GC ⁻	46,43 ± 0,45 ^{aA}	41,52 ± 0,40 ^{bC}	45,49 ± 0,43 ^{bB}
	GP	46,43 ± 0,45 ^{aA}	38,31 ± 0,39 ^{fC}	44,19 ± 0,42 ^{cdB}
	GC ⁺	46,43 ± 0,45 ^{aA}	42,14 ± 0,19 ^{aB}	46,75 ± 0,09 ^{aA}
	GEa ₁₀₀	46,43 ± 0,45 ^{aA}	39,13 ± 0,03 ^{eC}	44,71 ± 0,16 ^{cbB}
	GEh ₁₀₀	46,43 ± 0,45 ^{aA}	39,61 ± 0,04 ^{dC}	44,32 ± 0,36 ^{cdB}
	GEa ₂₀₀	46,43 ± 0,45 ^{aA}	40,43 ± 0,22 ^{cC}	42,29 ± 0,09 ^{eB}
	GEh ₂₀₀	46,43 ± 0,45 ^{aA}	40,10 ± 0,10 ^{cC}	42,68 ± 0,26 ^{eB}
	GEa ₃₀₀	46,43 ± 0,45 ^{aA}	41,33 ± 0,35 ^{bC}	44,21 ± 0,09 ^{cdB}
	GEh ₃₀₀	46,43 ± 0,45 ^{aA}	41,12 ± 0,14 ^{bC}	43,98 ± 0,39 ^{dB}

	GRUPO	TEMPO		
		0	Refrigerado (8 dias)	Congelado (6 meses)
<i>a</i> *	GC ⁻	13,11 ± 0,17 ^{aA}	4,97 ± 0,84 ^{dB}	12,16 ± 0,21 ^{aA}
	GP	13,11 ± 0,17 ^{aA}	3,13 ± 0,12 ^{eC}	6,73 ± 0,10 ^{fB}
	GC ⁺	13,11 ± 0,17 ^{aA}	7,06 ± 0,68 ^{abcC}	8,80 ± 0,20 ^{cbB}
	GEa ₁₀₀	13,11 ± 0,17 ^{aA}	4,60 ± 0,02 ^{dC}	7,06 ± 0,17 ^{fB}
	GEh ₁₀₀	13,11 ± 0,17 ^{aA}	5,00 ± 0,09 ^{dC}	7,50 ± 0,07 ^{deB}
	GEa ₂₀₀	13,11 ± 0,17 ^{aA}	6,45 ± 0,02 ^{cC}	7,80 ± 0,24 ^{dB}
	GEh ₂₀₀	13,11 ± 0,17 ^{aA}	6,88 ± 0,10 ^{bcC}	7,41 ± 0,16 ^{eB}
	GEa ₃₀₀	13,11 ± 0,17 ^{aA}	7,40 ± 0,30 ^{abC}	8,63 ± 0,33 ^{cbB}
	GEh ₃₀₀	13,11 ± 0,17 ^{aA}	7,78 ± 0,39 ^{aB}	10,50 ± 0,14 ^{bB}

GRUPO	TEMPO		
	0	Refrigerado (8 dias)	Congelado (6 meses)
GC⁻	6,73 ± 0,50 ^{aB}	2,61 ± 0,07 ^{fC}	7,88 ± 0,10 ^{dA}
GP	6,73 ± 0,50 ^{aB}	2,28 ± 0,09 ^{gC}	9,12 ± 0,05 ^{bA}
GC⁺	6,73 ± 0,50 ^{aB}	4,60 ± 0,22 ^{aC}	12,27 ± 0,04 ^{aA}
b* GEa₁₀₀	6,73 ± 0,50 ^{aB}	3,21 ± 0,21 ^{eB}	6,72 ± 0,17 ^{eA}
GEh₁₀₀	6,73 ± 0,50 ^{aB}	3,30 ± 0,06 ^{deB}	6,66 ± 0,15 ^{eA}
GEa₂₀₀	6,73 ± 0,50 ^{aB}	3,74 ± 0,11 ^{bcC}	8,27 ± 0,30 ^{cA}
GEh₂₀₀	6,73 ± 0,50 ^{aB}	3,60 ± 0,02 ^{cdC}	8,37 ± 0,08 ^{cA}
GEa₃₀₀	6,73 ± 0,50 ^{aB}	4,78 ± 0,30 ^{aC}	8,53 ± 0,09 ^{cA}
GEh₃₀₀	6,73 ± 0,50 ^{aB}	4,00 ± 0,31 ^{bC}	8,32 ± 0,10 ^{cA}

Médias ± desvios-padrão seguidos de letras iguais minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas, não diferem entre si pelo teste de Duncan, a 5% de probabilidade.

GC⁻	∅	GEa₁₀₀	1% Ext. Aquoso + 1% NaCl	GEh₁₀₀	1% Ext. hidroetanólico + 1% NaCl
GP	1% NaCl	GEa₂₀₀	2% Ext. Aquoso + 1% NaCl	GEh₂₀₀	2% Ext. hidroetanólico + 1% NaCl
GC⁺	1% BHT + 1% NaCl	GEa₃₀₀	3% Ext. Aquoso + 1% NaCl	GEh₃₀₀	3% Ext. hidroetanólico + 1% NaCl

Segundo Pollonio (1994), a estrutura dos pigmentos heme está altamente correlacionada com o valor a^* , ou seja, com a intensidade da cor vermelha. O valor a^* (cor vermelha) dos hambúrgueres **GEa₃₀₀** e **GEh₃₀₀**, independente da temperatura de armazenamento, foram numericamente semelhantes e superiores, respectivamente, aos do **GC⁺**, mostrando que os extratos do resíduo agroindustrial de seriguela exerceram efeitos sobre a preservação da estrutura dos pigmentos heme, minimizando os danos à cor característica da carne. Hambúrgueres do grupo **GP** apresentaram o menor valor a^* , revelando alteração intensa na cor natural da carne, enquanto que o grupo **GC⁻**, armazenado em congelamento apresentou o maior valor a^* .

As alterações da descoloração da carne, relacionadas ao valor b^* são as que mais se correlacionam com a auto-oxidação, uma vez que retrata a transformação do íon ferroso (Fe^{2+}) ao estado férrico (Fe^{3+}), altamente reativo,

podendo agir como catalisador da oxidação de lipídios (CHAN et al., 1997; LIVINGSTON; BROWN, 1982; WALLACE et al., 1982). Curiosamente, os valores b^* dos hambúrgueres submetidos ao congelamento foram muito superiores aos dos mantidos em refrigeração, confirmando que a diminuição da atividade de água promovida pelo congelamento, favorece a auto-oxidação dos lipídios. Os produtos nessa reação interagem diretamente com a mioglobina, resultando na maior susceptibilidade do ferro no estado ferroso à oxidação, com formação da metamioglobina (ALLEN; CORNFORTH, 2010). Esta alteração na cor pode ser visualizada na Figura 2, uma vez que a cor vermelho-cereja da carne muda para um marrom intenso.

Tabela 6. Valores médios da razão a^*/b^* dos hambúrgueres adicionados de extratos do resíduo de seriguela e armazenados em refrigeração ($4^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$) por 8 dias e em congelamento ($-22^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$) por 6 meses.

GRUPO	TEMPO		
	0	Refrigerado (8 dias)	Congelado (6 meses)
GC ⁻	1,95 ± 0,16 ^{aA}	1,90 ± 0,34 ^{aA}	1,54 ± 0,02 ^{aA}
GP	1,95 ± 0,16 ^{aA}	1,37 ± 0,06 ^{cB}	0,74 ± 0,01 ^{gC}
GC ⁺	1,95 ± 0,16 ^{aA}	1,53 ± 0,10 ^{bcB}	0,72 ± 0,02 ^{gC}
GEa ₁₀₀	1,95 ± 0,16 ^{aA}	1,44 ± 0,10 ^{cB}	1,05 ± 0,04 ^{dC}
GEh ₁₀₀	1,95 ± 0,16 ^{aA}	1,52 ± 0,04 ^{bcB}	1,13 ± 0,04 ^{cC}
GEa ₂₀₀	1,95 ± 0,16 ^{aA}	1,73 ± 0,05 ^{abB}	0,94 ± 0,03 ^{eC}
GEh ₂₀₀	1,95 ± 0,16 ^{aA}	1,91 ± 0,03 ^{aA}	1,25 ± 0,02 ^{bb}
GEa ₃₀₀	1,95 ± 0,16 ^{aA}	1,55 ± 0,06 ^{bcB}	1,01 ± 0,04 ^{dC}
GEh ₃₀₀	1,95 ± 0,16 ^{aA}	1,95 ± 0,12 ^{aA}	0,89 ± 0,01 ^{fB}

Médias ± desvios-padrão seguidos de letras iguais minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas, não diferem entre si pelo teste de Duncan, a 5% de probabilidade.

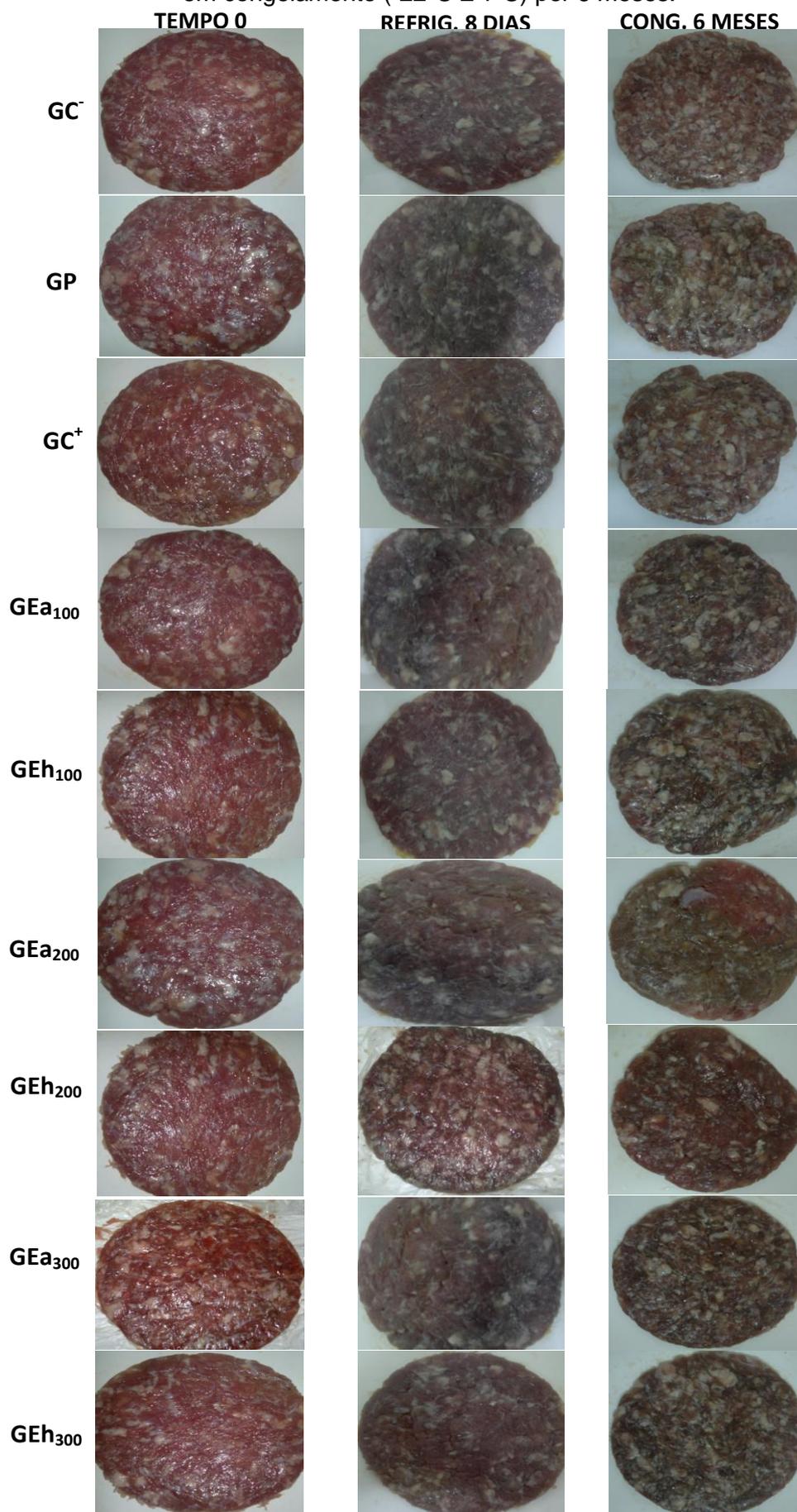
GC ⁻	∅	GEa ₁₀₀	1% Ext. Aquoso + 1% NaCl	GEh ₁₀₀	1% Ext. hidroetanólico + 1% NaCl
GP	1% NaCl	GEa ₂₀₀	2% Ext. Aquoso + 1% NaCl	GEh ₂₀₀	2% Ext. hidroetanólico + 1% NaCl
GC ⁺	1% BHT + 1% NaCl	GEa ₃₀₀	3% Ext. Aquoso + 1% NaCl	GEh ₃₀₀	3% Ext. hidroetanólico + 1% NaCl

Stewart, et al. (1965) propuseram que a razão entre valores positivos do componente a^* e os valores positivos do componente b^* do sistema *CIELab*, pode

ser usada para determinar, de forma indireta, o teor de oximioglobina e metamioglobina presentes na superfície de carnes. Segundo Pereira (2002) à medida que a razão desses dois componentes vai diminuindo, a oximioglobina (vermelho-brilhante) vai se oxidando e transformando-se em metamioglobina (marrom-amarelada ou pálida). Consta-se, na Tabela 6, que todos os grupos armazenados na temperatura de congelamento apresentaram valores da razão a^*/b^* inferiores aos dos mantidos em refrigeração, demonstrando maior degradação dos pigmentos heme na carne congelada. Entretanto, ao comparar com os valores de GC^+ , evidencia-se que todos os grupos adicionados de extratos de seriguela em congelamento e os grupos GEh_{300} e GEh_{200} dos refrigerados, reduziram esta degradação, uma vez que os valores da razão a^*/b^* foram estatisticamente superiores. Observa-se, ainda, que os valores dessa razão para os hambúrgueres GEh_{300} e GEh_{200} em refrigeração foram estatisticamente iguais aos do tempo 0, demonstrando que a oximioglobina foi preservada. No grupo GP das duas temperaturas de conservação, observa-se o menor valor da razão entre a^* e b^* , inferior inclusive ao do grupo GC^- , confirmando que o NaCl atua como um pró-oxidante também, nos pigmentos heme da carne.

Na Figura 2, pode-se observar visualmente a alteração na cor dos hambúrgueres durante o período de armazenamento, decorrente da degradação da oximioglobina da carne. Percebe-se, nos hambúrgueres mantidos em refrigeração, o surgimento da coloração esverdeada, possivelmente devido ao desenvolvimento de microrganismos com produção de H_2S . O grupo GP apresentou cor verde de forma mais intensa, corroborando com os resultados dos valores a^* , b^* e sua razão, seguido pelos hambúrgueres GC^- . Entretanto nos hambúrgueres mantidos em congelamento não houve aparecimento da cor verde, porém foi possível visualizar o surgimento da cor amarronzada, indicativo da formação de metamioglobina, com degradação da oximioglobina. Visualmente, a aparência geral dos hambúrgueres GEh_{300} da refrigeração e GEh_{200} do congelamento foi melhor quando comparada com a dos demais tratamentos e muito semelhante entre si.

Figura 2. Evolução da alteração da cor de hambúrgueres adicionados com extratos do resíduo de seriguela durante o armazenamento em refrigeração ($4^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$) por 8 dias e em congelamento ($-22^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$) por 6 meses.



Conclusão

O extrato aquoso e hidroetanólico obtidos do resíduo agroindustrial de seriguela, em todas as concentrações testadas, promoveram a estabilidade oxidativa de lipídios e dos pigmentos heme dos hambúrgueres armazenados em refrigeração por 8 dias e em congelamento por 6 meses. Entretanto, os extratos com teor de compostos fenólicos na concentração de 300mg.Kg^{-1} foram mais eficazes em retardar as oxidações cujo efeito, foi semelhante ou superior ao do BHT, inclusive na prevenção da cor e da aparência do produto.

O congelamento dos hambúrgueres tratados com os extratos foi eficaz na manutenção do pH e na luminosidade da cor do produto, valor L^* . Enquanto que a refrigeração manteve melhor a cor vermelha ($+a^*$) e preveniu mais, o surgimento da cor amarela ($+b^*$), minimizando a transformação da oximioglobina em metamioglobina ($+a^* / +b^*$).

Dessa forma, os resultados demonstram que os compostos bioativos extraídos do resíduo agroindustrial de seriguela exercem efeito sobre a estabilidade oxidativa de carnes. Estes extratos tornam-se, portanto, uma alternativa viável para a substituição dos antioxidantes sintéticos, propiciando a produção de alimentos processados mais saudáveis e contribuindo para a segurança alimentar e nutricional da população.

Referências

AKARPAT, A.; TURHAN, S.; USTUN, N.S. Effects of hot-water extracts from myrtle, rosemary, nettle and lemon balm leaves on lipid oxidation and color of beef patties during frozen storage. **Journal of Food Processing and Preservation**, Malden v. 32, n. 1, p. 117-132, 2008.

ALLEN, K.; CORNFORTH, D. Comparison of spice-derived antioxidants and metal chelators on fresh beef color stability. **Meat Science**, Barking, v. 85, n. 4, p. 613-619, 2010.

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.

AYALA-ZAVALA, J.F.; VEGA-VEGA, 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 potential of exotic fruit byproducts 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.

BISWAS, A.K.; CHATLI, M.K.; SAHOO, J. Antioxidant potential of curry (*Murraya koenigii* L.) and mint (*Mentha spicata*) leaf extracts and their effect on colour and oxidative stability of raw ground pork meat during refrigeration storage. **Food Chemistry**, Barking, v. 133, n. 2, p. 467-472, 2012.

BORBA, C.M.; OLIVEIRA, V.R.; MONTENEGRO, K.R.; HERTZ, P.F.; VENZKE, J.G. Avaliação físico-química de hambúrguer de carne bovina e de frango submetidos a diferentes processamentos térmicos. **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v. 24, n. 1, p. 21-27, 2013.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Portaria nº 5, de 08 de Novembro de 1988**. Brasília, 1988.

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

CAMPAGNOL, P.C.B.; FRIES, L.L.M.; TERRA, N.N.; SANTOS, B.A.; FURTADO, A.S.; TONETO, E.R.L.; CAMPOS, R.M.L. The influence of *achyrocline satureioides* ("Marcela") extract on the lipid oxidation of salami. **Ciências e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 31, n. 1, p. 101-105, 2011.

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.

CORNFORTH, D. Color – its basis and importance. In: PEARSON, A.M.; DUTSON, T.R. (Ed.) **Advances in meat research: quality attributes and their measurement in meat, poultry and fish products**. 1. ed. New York: AVI Books, 1994.

FASSEAS, M.K.; MOUNTZOURIS, K.C.; TARANTILIS, P.A.; POLISSIOU, M.; ZERVAS, G. Antioxidant activity in meat treated with oregano and sage essential oils. **Food Chemistry**, Barking, v. 106, n. 3, p. 1188-1194, 2008.

FRANCO, B.D.G.M.; LANDGRAF, M. **Microbiologia de Alimentos**. São Paulo: Atheneu, 1996. 182 p.

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

HERNÁNDEZ-HERNÁNDEZ, E.; PONCE-ALQUICIRA, E.; JARAMILLO-FLORES, M.E.; GUERRERO-LEGARRETA, I. Antioxidant effect rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.) and oregano (*Origanum vulgare* L.) extracts on TBARS and colour of model raw pork batters. **Meat Science**, Barking, v. 81 n. 2, p. 410-417, 2009.

IAL. **Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz**. 4. ed. 2008: Métodos químicos e físicos para análise de alimentos.

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.

ITO, N.; HIROSE, M.; FUKUSHIMA, S.; TSUDA, H.; SHIRAI, T.; TATEMATSU, M. Studies on antioxidants: Their carcinogenic and modifying effects on chemical carcinogenesis. **Food and Chemical Toxicology**, Philadelphia, v. 24, n. 10-11, p. 1071-1082, 1986.

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.

LAROSA, G.; CARVALHO, M.R.B.; VIDOTTI, R.M.; LIMA, T.A.M.; ALVES, V.F. Elaboração de produto cárneo de tilápia com antioxidantes visando sua utilização como recheio ou acompanhamento da refeição. **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v. 23, n. 4, p. 609-617, 2012.

LIVINGSTON, D.J.; BROWN, W.D. The chemistry of myoglobin and its reactions. **Food Technology**, Chicago, v. 35, n. 5, p. 244-252, 1982.

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

McGUIRE, R.G. Reporting of objective color measurements. **HortScience**, Alexandria, v.27, n. 12, p. 1254-1255, 1992.

MELO, E.A.; MACIEL, M.I.S.; LIMA, V.A.G.L.; NASCIMENTO, R.J. Capacidade antioxidante de frutas. **Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas**, São Paulo, v. 44, n. 2, p. 193-201, 2008.

PEREIRA, M.G. **Iridescência em carne suína fresca**. 2002, 34f. Monografia (Especialização em Ciências dos Alimentos) – Universidade do Contestado, Concórdia, 2002.

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 Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2009.

PIETRASIK, Z.; JANZ J.A.M. Influence of freezing and thawing on the hydration characteristics quality, and consumer acceptance of whole muscle beef injected with solutions of salt and phosphate. **Meat Science**, Barking, v. 81, n. 3, p. 523-532, 2008.

POLLONIO, M.A.R. **Estudo das propriedades funcionais das proteínas miofibrilares e oxidação lipídica de carne de frango mecanicamente desossada**. 1994. 141f. Tese (Doutorado em Engenharia de Alimentos) – Universidade de Campinas, Campinas, 1994.

RIZVI, S.S.H. Requirements for foods package in polymeric films. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, Philadelphia, v. 14, n. 2, p. 111-134, 1981.

SERVIÇO DE INFORMAÇÕES DA CARNE – SIC. **Especificações de cortes bovinos – parte 1**. Disponível em: <http://www.beefpoint.com.br/cadeia-produtiva/sic/especificacoes-dos-cortes-bovinos-parte-1-5417/>. Postado em: 10/06/2002. Acessado em: 16/01/2013.

SHIMOKOMAKI, M.; OLIVO, R.; TERRA, N.N.; FRANCO, B.D.G.M. **Atualidades em Ciência e Tecnologia de Carnes**, São Paulo: Varela, 2006. 230 p.

SILVA, R.C.O. **Resíduo agroindustrial de ciriguela: fitoquímicos bioativos e potencial antioxidante**. 2014, 97f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Departamento de Ciências Domésticas, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2014.

SILVA, Q.J.; MOREIRA, A.C.C.G.; MELO, E.A.; LIMA, V.L.A.G. Compostos fenólicos e atividade antioxidante de genótipos de ciriguelas (*Spondia purpurea* L.). **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v. 23, n. 1, p. 73-80, 2012a.

SILVA, R.C.O.; MOREIRA, A.C.C.G.; NASCIMENTO, J.D.M.; MACIEL, M.I.S.; MELO, E.A. Antioxidant Potential of Extracts of Cajá-Umbu Peels. **The Natural Products Journal**, Sharjah, v. 2, n. 2, p. 149-154, 2012b.

SOUZA, M.S.B.; VIEIRA, L.M.; SILVA, M.J.M.; LIMA, A. Caracterização nutricional e compostos antioxidantes em resíduos de polpas de frutas tropicais. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 3, p. 554-559, 2011a.

SOUZA, M.S.B.; VIEIRA, L.M.; LIMA, A. Fenólicos totais e capacidade antioxidante *in vitro* de resíduos de polpas de frutas tropicais. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, v. 14, n. 3, p. 202-210, 2011b.

SOYER, A.; OZALP, B.; DALMUS, U.; BILGIN, V. Effects of freezing temperature and duration of frozen storage on lipid and protein oxidation in chicken meat. **Food Chemistry**, Barking, v. 120, n. 4, p. 1025-1030, 2010.

STEWART, M.R.; ZIPSER, M.W.; WATTS, B.M. The use of reflectance spectrophotometry for the assay of raw meat pigments. **Journal of Food and Science**, Chicago, v. 30, n. 3, p. 464-469, 1965.

TAPP III, W.N.; YANCEY, J.W.S.; APPLE, J.K. How is the instrumental color of meat measured? **Meat Science**, Barking, v. 89, n. 1, p. 1-5, 2011.

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. 1084-1087, 1970.

WALLACE, W.J.; HOUTCHENS, R.A.; MAXWELL, J.C.; CAUGHEY, S. Mechanism of autoxidation for hemoglobins and myoglobins. **Journal of Biological Chemistry**, Bethesda, v. 257, n. 9, p. 4966-4977, 1982.

WETTASINGHE, M.; SHAHIDI, F. Evening Primrose Meal: A Source of Natural Antioxidants and Scavenger of Hydrogen Peroxide and Oxygen-Derived Free Radicals. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 47, n. 5, p. 1801-1812, 1999.

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.

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

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os extratos aquoso e hidroetanólico obtidos do resíduo agroindustrial de seriguela, em todas as concentrações testadas, promoveram a estabilidade oxidativa de lipídios e dos pigmentos heme dos hambúrgueres armazenados em refrigeração por 8 dias e em congelamento por 6 meses. Entretanto, os extratos com compostos fenólicos na concentração de 300mg.Kg^{-1} foram mais eficazes em retardar as oxidações cujo efeito, foi semelhante ou superior ao do BHT, inclusive na prevenção da cor e da aparência do produto.

A carne fresca, adicionada dos antioxidantes naturais, obtidos da farinha do resíduo da seriguela e mantida em refrigeração, pode ser armazenada pelo período máximo de 6 dias, visto que a partir desse momento, inicia-se a oxidação protéica com a utilização do malonaldeído formado na oxidação lipídica, como substrato para essa reação.

A refrigeração dos hambúrgueres tratados com os extratos foi eficaz na manutenção da cor vermelha ($+a^*$) e preveniu melhor o surgimento da cor amarela ($+b^*$), minimizando a transformação da oximioglobina em metamioglobina ($+a^* / +b^*$). Enquanto que o congelamento manteve melhor o pH e a luminosidade da cor do produto, valor L^* . Surpreendentemente foram obtidos bons resultados das análises físico-químicas do grupo GC⁻ mantido em congelamento, especulando assim, que talvez em produtos cárneos, quando armazenados em congelamento, obtenha-se uma maior vida de prateleira sem a adição de nenhuma substância à carne.

Dessa forma, do resíduo agroindustrial de seriguela, fonte de compostos bioativos, antioxidantes naturais podem ser extraídos, empregando água ou solução hidroetanólica a 55%. E que estes extratos exercem efeito sobre a estabilidade oxidativa de carnes, tornando-se, portanto, uma alternativa viável para a substituição total ou parcial dos antioxidantes sintéticos, propiciando a produção de alimentos processados mais saudáveis e contribuindo para a segurança alimentar e nutricional da população.

Estudos utilizando a farinha do resíduo agroindustrial de seriguela devem ser aprofundados, na perspectiva de se descobrir novas formas de utilização desse material, como ingrediente ou como aditivo, para a produção de alimentos processados mais saudáveis e naturais.