



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA

**ATIVIDADE ANTIOXIDANTE E ANTIMICROBIANA DOS EXTRATOS DE
PLANTAS DO CERRADO EM CARNE DE PEITO DE FRANGO**

JÉSSICA CABRAL CARVALHO

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM SAÚDE ANIMAL

BRASÍLIA/DF
ABRIL DE 2020



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA

**ATIVIDADE ANTIOXIDANTE E ANTIMICROBIANA DOS EXTRATOS DE
PLANTAS DO CERRADO EM CARNE DE PEITO DE FRANGO**

Aluna: JÉSSICA CABRAL CARVALHO

Orientador: PROFA. DRA. ALINE MONDINI CALIL RACANICCI

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM SAÚDE ANIMAL

BRASÍLIA - DF

Abril/2020

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA E CATALOGAÇÃO

CARVALHO, J. C. **Atividade antioxidante e antimicrobiana dos extratos de plantas do cerrado em carne de peito de frango**. Brasília: Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, 2020, 85 pag. Dissertação de Mestrado.

Documento formal, autorizando a reprodução desta dissertação de mestrado para empréstimo ou comercialização, exclusivamente para fins acadêmicos, foi passado pelo autor à Universidade de Brasília e acha-se arquivado na Secretaria do Programa. O autor e o seu orientador reservam para si os outros direitos autorais, de publicação. Nenhuma parte desta dissertação de mestrado pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor ou do seu orientador. Citações são estimuladas desde que citada a fonte.

FICHA CATALOGRÁFICA

CC117a	Cabral Carvalho, Jessica Atividade antioxidante e antimicrobiana dos extratos de plantas do Cerrado em carne de peito de frango / Jessica Cabral Carvalho; orientador Aline Mondini Calil Racanicci. - Brasília, 2020. 85 p. Dissertação (Mestrado - Doutorado em Administração) -- Universidade de Brasília, 2020. 1. Antioxidantes naturais . 2. Carne de frango. 3. Plantas do Cerrado. 4. Inibição do crescimento microbiano . I. Mondini Calil Racanicci, Aline, orient. II. Título.
--------	---

**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA**

**ATIVIDADE ANTIOXIDANTE E ANTIMICROBIANA DOS EXTRATOS DE
PLANTAS DO CERRADO EM CARNE DE PEITO DE FRANGO**

JÉSSICA CABRAL CARVALHO

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO SUBMETIDA AO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM SAÚDE
ANIMAL, COMO PARTE DOS REQUISITOS
NECESSÁRIOS À OBTENÇÃO DO GRAU DE
MESTRE EM SAÚDE ANIMAL

APROVADA POR:

PROFA. DRA. ALINE M. CALIL RACANICCI (Universidade de Brasília)

PROFA. DRA. SHEILA TAVARES NASCIMENTO (Universidade de Brasília)

PROF. DR. MÁRCIO ANTÔNIO MENDONÇA (Universidade de Brasília)

BRASÍLIA/DF, 29 DE ABRIL DE 2020

“Eu não vou parar novamente. Pois estamos juntos aqui. Conte-me cada
uma de suas histórias”

We are Bulletproof: The Eternal, BTS

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer primeiro à minha família por todo o suporte e dedicação que tiveram comigo, sem eles nada seria possível.

Agradeço também à minha orientadora, a professora Aline, pela oportunidade do mestrado e por todo o suporte e orientação ao longo do caminho.

Quero agradecer também aos alunos da graduação que me ajudaram no decorrer dos experimentos, em especial à Gisely, Juliana e Karolyne. Também agradeço ao professor Frederico, pela ajuda e apoio na realização dos experimentos. Também sou grata ao Pedro e a Sara pela ajuda e pela oportunidade de ajuda-los em seus próprios experimentos, me proporcionando aprender outras técnicas e análises.

Agradeço a professora Ângela Patrícia, e à equipe do LAMAL por me permitirem utilizar o laboratório, bem como me ensinar e auxiliar na execução das análises microbiológicas, embora essa parte não tenha entrado no trabalho final.

Por último, quero agradecer aos amigos que fiz ao longo dos anos e que se tornaram grandes amigos, em especial a Amanda, Ana Paula, Ane, Beatriz e Camila, por sempre estarem presentes e me incentivarem.

ÍNDICE

RESUMO	IX
ABSTRACT.....	XI
CAPÍTULO 1	1
Potencial antioxidante e antimicrobiano de plantas do Cerrado	1
1. INTRODUÇÃO	2
1.1. Problemática e Relevância.....	3
1.2. Objetivos.....	4
1.3. Objetivos específicos.....	4
2. REVISÃO DE LITERATURA	5
2.1. Oxidação lipídica.....	5
2.2. Oxidação proteica.....	10
2.3. Antioxidantes.....	12
2.3.1 Antioxidantes sintéticos.....	14
2.3.2 Antioxidantes naturais	15
2.4. Microbiologia de alimentos	17
2.5. Cerrado brasileiro	18
2.5.1 Murici	19
2.5.2 Pau-terra	20
2.5.3 Mama cadela	21
2.5.4 Pimenta de macaco	22
3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	24
CAPÍTULO 2	39
Atividade antioxidante de extratos de plantas do cerrado adicionados à almôndegas de carne de frango e ação antimicrobiana “in vitro”.....	39
RESUMO	40
ABSTRACT.....	42
1. INTRODUÇÃO.....	44
2. MATERIAL E MÉTODOS	46
2.1. Escolha das plantas e produção dos extratos	46

2.2. Análise de fenólicos totais	47
2.3. Atividade antioxidante	47
2.4. Atividade antimicrobiana dos extratos	47
2.5. Amostras de carne de peito de frango e tratamentos experimentais	48
2.6. Preparação das almôndegas de carne e ensaios de armazenamento	49
2.7. Caracterização química da carne.....	49
2.8. Determinação da oxidação lipídica.....	50
2.9. Determinação da oxidação proteica	50
2.10. Análise estatística.....	51
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	51
3.1. Caracterização química da carne.....	51
3.2. Análise de polifenóis totais	52
3.3. Análise de ABTS	53
3.4. Atividade antimicrobiana	54
3.5. Oxidação lipídica	56
3.6. Oxidação proteica	63
4. CONCLUSÃO.....	66
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	67

RESUMO

Um dos maiores responsáveis pela depreciação da qualidade da carne é a oxidação, sendo responsável pela perda das características organolépticas e redução do tempo de prateleira da carne, em especial da carne de frango. Como uma forma de se evitar tal oxidação tem-se pesquisado o uso de antioxidantes naturais, como os compostos fenólicos, encontrados em vegetais e frutos. Por isso, este trabalho buscou avaliar o potencial antioxidante e antimicrobiano dos extratos de murici (*Byrsonima sp.*), pau-terra (*Qualea grandiflora*), mama cadela (*Brosimum gaudichaudii*) e pimenta de macaco (*Xylopia aromatica*) em almôndegas de carne do peito de frango armazenadas sob refrigeração e congelamento. A carne de peito de frango foi moída, adicionada de 0,5% de sal, homogeneizada e dividida em seis tratamentos após a adição de 0,5% dos antioxidantes naturais, sendo: controle negativo (CONT): sem extrato, controle positivo (BHT): adição de 150 ppm de BHT, murici (MU), pau-terra (PT), mama cadela (MC) e pimenta de macaco (PM). Foram confeccionadas almôndegas (25-30g), embaladas à vácuo e pré-cozidas em banho maria (100 °C) por 8 min, sendo reembaladas depois de resfriadas e armazenadas durante 8 dias (sob refrigeração) e 4 meses (sob congelamento). A progressão da oxidação lipídica foi feita através do método de TBARS antes e após o cozimento e nas amostras cozidas nos dias 0, 2, 4, 6, e 8 e nos meses 0, 1, 2, 3 e 4 de armazenamento. E pelo método de tióis para a oxidação proteica nos dias 0 e 8 e dos meses 0 e 4 de armazenamento. A análise estatística foi realizada utilizando o teste Tukey ao nível de 5% de significância usando TBARS e tióis como variáveis resposta. Para a atividade antimicrobiana foi realizado o teste de difusão em disco frente a *Salmonella*, *P. mirabilis* e *E. coli*. O extrato de murici apresentou atenuação frente aos três micro-organismos testados, sendo maior atenuação do crescimento bacteriano frente à *Salmonella*. Quanto à oxidação lipídica, a adição dos antioxidantes naturais ou BHT foi eficaz na proteção dos lipídios durante o cozimento, uma vez que os valores médios de TBARS foram estatisticamente menores ($P < 0,05$) em relação ao CONT. Ao final dos 8 dias de refrigeração, todos os tratamentos contendo adição de extratos de plantas foram eficientes ($P < 0,05$) em relação ao CONT, mas os extratos de murici e pau-terra apresentaram os

melhores resultados. No ensaio de armazenamento congelado, todos os extratos de plantas apresentaram atividade antioxidante na proteção dos lipídios, comparados ao CONT e ao BHT ($P < 0,05$). Os extratos de murici e pau-terra apresentaram uma maior proteção ($P < 0,05$) das proteínas em relação ao BHT, enquanto os extratos de mama cadela e pimenta de macaco apresentaram resultado semelhante ao do BHT, no ensaio de armazenamento refrigerado. Em conclusão, todos os extratos de plantas testados apresentaram proteção antioxidante dos lipídios e das proteínas, com destaque para os extratos de murici e pau-terra.

Palavras-chave: Antioxidante natural, murici, pau-terra, mama cadela, pimenta de macaco, TBARS, tióis, carne de frango

ABSTRACT

One of the main factors responsible for the depreciation of meat quality is oxidation, being responsible for the loss of organoleptic characteristics and reduction of the shelf life of meat, especially chicken meat. One way to avoid such oxidation, the use of natural antioxidants, such as phenolic compounds, found in vegetables and fruits has been researched. Therefore, this work sought to evaluate the antioxidant and antimicrobial potential of the extracts of murici (*Byrsonima* sp.), Pau-terra (*Qualea grandiflora*), mama cadela (*Brosimum gaudichaudii*) and pimento de macaco (*Xylopia aromatica*) in breast meatballs of chicken stored under refrigeration and freezing. The chicken breast meat was ground and added 0.5% salt, homogenized and divided into six treatments, being: negative control (CONT) with no extract, positive control (BHT) with addition of 150 ppm of BHT, murici (MU), pau-terra (PT), mama cadela (MC) and pimento de macaco (PM), with 0.5% of which one of the natural extracts. Meatballs (25-30g) were made, vacuum-packed and pre-cooked in a water bath (100 °C) for 8 minutes, repacked after being chilled and stored for 8 days (under refrigeration) and 4 months (under freezing). The progression of lipid oxidation was made using the TBARS method before and after cooking and in the samples cooked on days 0, 2, 4, 6, and 8 and on months 0, 1, 2, 3 and 4 of storage. The thiols method was used for protein oxidation on days 0 and 8 and months 0 and 4 of storage. Statistical analysis was performed using the Tukey test at the level of 5% significance, using TBARS and thiols as response variables. For the antimicrobial activity, the disk diffusion test was performed against *Salmonella*, *P. mirabilis* and *E. coli*. The murici extract showed attenuation against the three microorganisms tested, with greater attenuation of bacterial growth against *Salmonella*. As for lipid oxidation, the addition of natural antioxidants or BHT was effective in protecting lipids during cooking, since the mean TBARS values were statistically lower ($P < 0.05$) compared to CONT. At the end of the 8 days of refrigeration, all treatments containing plant extracts were efficient ($P < 0.05$) compared to CONT, but murici and pau-terra extracts showed the best results. In the frozen storage test, all plant extracts showed antioxidant activity in protecting lipids, compared to CONT and BHT ($P < 0.05$). The extracts of murici and pau-terra

showed a greater protection ($P < 0.05$) of the proteins compared to BHT, while the extracts of mama cadela and pimento de macaco presented a similar result to that of BHT, in the refrigerated storage test. In conclusion, all plant extracts tested showed antioxidant protection from lipids and proteins, especially murici and pau-terra extracts.

Keywords: Natural antioxidant, murici, pau-terra, mama cadela, pimenta de macaco, TBARS, thiols, chicken meat

CAPÍTULO 1

POTENCIAL ANTIOXIDANTE E ANTIMICROBIANO DE PLANTAS DO CERRADO

1. INTRODUÇÃO

A carne de frango é uma das mais importantes fontes de proteína animal na dieta da população em geral, tendo em 2017 um consumo de 42,07 Kg por habitante no Brasil (Associação Brasileira de Proteína Animal – ABPA, 2018). Isso se deve ao fato da carne de frango apresentar um menor custo ao consumidor em relação as demais carnes, além de ter uma produção extremamente tecnificada. A produção brasileira de carne de frango em 2017 foi de 13,05 milhões de toneladas (Associação Brasileira de Proteína Animal - ABPA, 2018). E cerca de 33,1% da produção foi exportada (ABPA, 2018), sendo o Brasil o maior exportador de carne de frango do mundo.

Porém, um dos problemas relacionados à perda da qualidade da carne é a oxidação lipídica (Gray, Goma & Buckley, 1995). Ela é responsável pela alteração das características organolépticas e redução do tempo de prateleira da carne, além da geração de produtos prejudiciais à saúde humana (Falowo, Fayemi & Muchenje, 2014). Embora possa ocorrer em lipídios saturados, a maior parte da oxidação lipídica está relacionada a lipídios insaturados, presentes em grande quantidade na carne de frangos e perus. O grau dessa deterioração está relacionado a fatores como, presença de oxigênio, grau de insaturação dos ácidos graxos, presença de metais, especialmente ferro e cobre, pigmentos heme e processos mecânicos, como a desossa e moagem, e adição de sal (Devatkal, Narsaiah & Borah, 2010).

Assim como a oxidação lipídica, a oxidação proteica também é responsável por perdas na qualidade da carne. Porém, foi ignorada por décadas, sendo pouco estudada em comparação com a oxidação lipídica, que foi estudada mais profundamente (Lund et al., 2010). Além disso, os mecanismos de interação entre as proteínas musculares e os compostos fenólicos foram mais recentemente estudados em detalhes (Estévez & Heinonen, 2010).

Para reduzir os efeitos da oxidação são usadas diversas técnicas, como embalagens a vácuo, com atmosfera controlada, uso de radiação, de baixas temperaturas e, o que é comumente aplicado pelas indústrias, substâncias antioxidantes (Milani et al., 2010). Existem no mercado antioxidantes sintéticos,

sendo os mais comuns: o hidroxitolueno butilado (BHT), hidroxianisol butilado (BHA), o butilhidroquinona terciário (TBHQ) e o propil galato (PG) (Bozkurt, 2006). Porém, estudos relatam que os antioxidantes sintéticos possam ser prejudiciais à saúde (Mohamed et al., 2011), assim sendo, cada vez mais os consumidores têm optado por produtos mais naturais, estimulando a busca por alternativas aos antioxidantes normalmente usados pela indústria (Karre, Lopez & Getty, 2013).

Como alternativa às substâncias sintéticas estão os compostos fenólicos, encontrados em vegetais e frutos. São substâncias naturais com propriedades antioxidantes, com baixa toxicidade e alta atividade (Rockenbach et al., 2007).

As plantas comumente apresentam compostos fenólicos, relacionados principalmente com a proteção, e que se constituem nos antioxidantes mais abundantes (Everette et al., 2010). Plantas típicas do cerrado, embora sejam tradicionalmente utilizadas pela população local e bem adaptadas à região, são pouco exploradas comercialmente, porém com grande potencial tanto na área alimentícia quanto na área medicinal (Caramori et al., 2004).

1.1 Problemática e Relevância

O bioma Cerrado é considerado uma dentre as mais ricas savanas do mundo, com grande gama de recursos naturais renováveis (Morzelle et al., 2015), mas pouco explorados. Tendo em vista a demanda por parte dos consumidores por produtos mais naturais e a necessidade de uma maior conservação do produto através do uso de aditivos antioxidantes, com o intuito de reduzir a oxidação natural dos produtos cárneos, mantendo suas características organolépticas e aumentando seu tempo de prateleira.

Este trabalho buscou avaliar o poder antioxidante de quatro plantas nativas do cerrado brasileiro, murici, pau-terra, mama-cadela e pimenta-de-macaco adicionadas a almôndegas de carne do peito de frango pré-cozidas e armazenadas em duas condições de armazenamento diferentes, sob refrigeração e congelamento, no decorrer do tempo. Além disso, avaliou também a ação

antimicrobiana desses extratos naturais *in vitro*, visando uma melhor conservação desse produto cárneo.

1.2 Objetivos

Sendo assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar a utilização de extratos de plantas do Cerrado como aditivos antioxidantes e antimicrobianos com a finalidade de preservar a carne do peito de frango.

1.3 Objetivos específicos

Caracterizar a atividade antimicrobiana e antioxidante dos extratos etanólicos de quatro plantas do Cerrado; analisar o progresso da oxidação lipídica das almôndegas de carne de peito de frango adicionadas de antioxidantes naturais durante o processamento térmico (cozimento em banho maria) e durante o armazenamento refrigerado e congelado; e avaliar o potencial de proteção dos extratos naturais sobre a oxidação das proteínas da carne durante o armazenamento refrigerado e congelado.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Oxidação lipídica

Os lipídeos são substâncias de origem biológica, compostos na sua maioria por ácidos graxos, com pronunciada hidrofobia, sendo solúveis em solventes orgânicos não polares (Belitz & Grosch, 1999). Apresentam maior teor calórico comparado aos demais nutrientes, uma vez que os átomos de carbono são mais reduzidos do que os mesmos átomos encontrados na molécula de açúcar, resultando em uma oxidação que libera duas vezes mais energia que os carboidratos (Nelson & Cox, 2008).

Os ácidos graxos são ácidos carboxílicos com cadeias hidrocarbonadas, variando de 4 a 36 carbonos de comprimento. Podendo esta cadeia ser saturada (sem duplas ligações) ou insaturada (contendo uma ou mais duplas ligações). O comprimento e a insaturação da cadeia são as principais características que afetam as propriedades físicas dos ácidos graxos (Nelson & Cox, 2008).

Em boa parte dos ácidos graxos insaturados, as duplas ligações aparecem na conformação *cis*. Nesses compostos insaturados, a presença de uma dupla ligação *cis* resulta em uma curvatura na cadeia, uma vez que ela forma uma dobra rígida de 30° na cadeia de hidrocarbonetos. Essa dobra faz com que os ácidos graxos com uma ou mais dessas curvaturas não se agrupem de forma compacta como os ácidos graxos totalmente saturados como demonstrado na Figura 1. Isso torna as interações mais fracas, demandando um menor gasto de energia térmica para se quebrar essas ligações (Nelson & Cox, 2008). O que, de acordo com Gordon (2001), torna os ácidos graxos com insaturações em sua cadeia importantes substratos para deterioração oxidativa, sendo que, quanto maior o número de insaturações, mais susceptível é à oxidação.

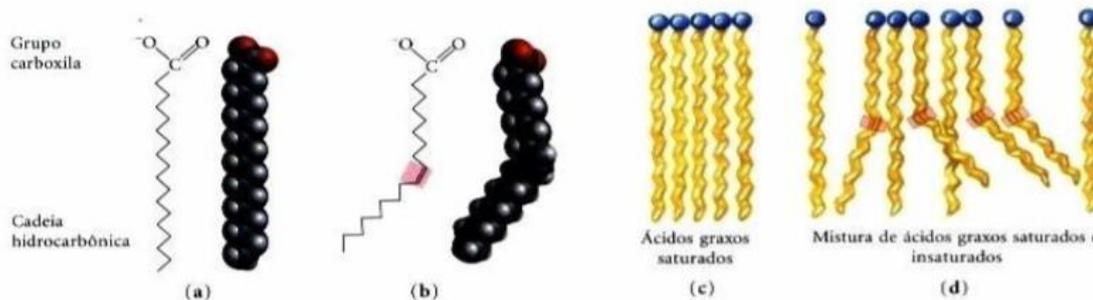


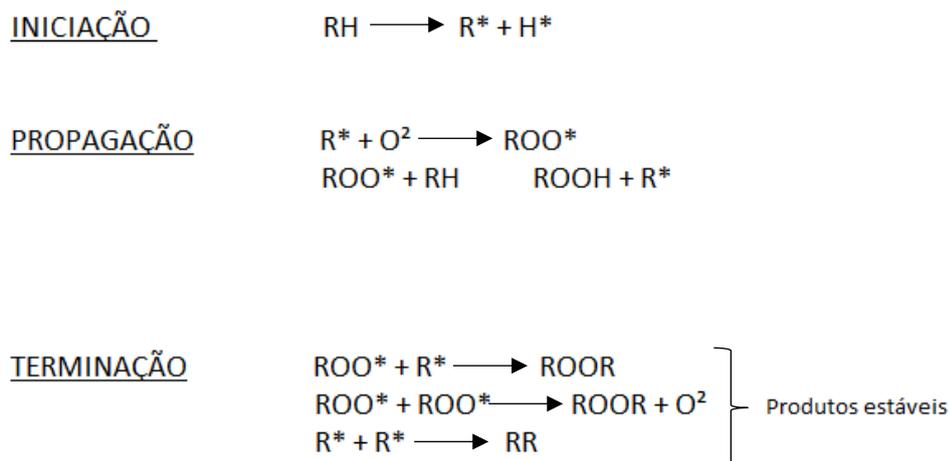
Figura 1: Justaposição de ácidos graxos em agregações estáveis. (a) Duas representações do ácido esteárico completamente saturado, cada linha em ziguezague representa uma ligação simples entre carbonos adjacentes. (b) Dupla ligação cis (sombreada em vermelho) no ácido oleico não permite rotação e introduz uma curvatura rígida na cadeia hidrocarbônica. (c) Ácidos graxos totalmente saturados, na forma estendida, ajustam-se em arranjos quase cristalinos estabilizados por muitas interações hidrofóbicas. (d) A presença de uma ou mais ligações cis interfere no empacotamento rígido e como resultado, os agregados são menos estáveis (Nelson & Cox, 2008).

A carne de frango apresenta elevado teor de ácidos graxos insaturados, sendo um alimento com alta susceptibilidade à oxidação lipídica (Mariutti & Bragagnolo, 2009). A oxidação lipídica ocorre pela ação em cadeia de uma série de reações, que causam a redução no tempo de prateleira de diversos alimentos e afetam a qualidade dos mesmos, em especial da carne. Dentre essas alterações estão: perda das características organolépticas do alimento, como cor e sabor, e perda também do valor nutricional, bem como a formação de compostos prejudiciais à saúde (Mariutti & Bragagnolo, 2009).

Essas séries de reações se iniciam por meio dos radicais livres e sua interação com o oxigênio. Os radicais livres são espécies resultantes do metabolismo celular que possuem um ou mais elétrons desemparelhados, o que os torna extremamente instáveis e altamente reativos (Roberfroid & Calderon, 1995).

Os radicais livres apresentam um importante papel no metabolismo celular, uma vez que o organismo animal apresenta-se em constante ataque pelos radicais livres em razão das atividades metabólicas fisiológicas e dos processos de defesa do sistema imune (Surai, 2002). Em condições normais, há um equilíbrio entre a formação fisiológica desses radicais livres e os mecanismos antioxidantes que ocorrem *in vivo*. Porém, após o abate, esses mecanismos antioxidantes diminuem durante as alterações naturais na transformação do músculo em carne (Min & Ahn, 2005).

A oxidação lipídica se dá quando radicais livres, altamente reativos, se unem com o oxigênio ou ácidos graxos formando mais radicais livres e hidroperóxidos, iniciando assim a reação em cadeia (Araujo et al., 2008). Esse processo ocorre em três etapas, iniciação, propagação e terminação (Gordon, 2001; Araujo et al., 2008), como descrito na Figura 2.



Sendo: RH (ácido graxo insaturado); R* (radical livre); ROO* (radical peróxido); ROOH (hidroperóxido).

Figura 2: Mecanismo da oxidação lipídica (Ramalho & Jorge, 2006)

Na iniciação ocorre a formação dos radicais livres do ácido graxo. Isso acontece quando qualquer elemento, com reatividade suficiente, rouba um átomo de hidrogênio de um grupo metil da molécula lipídica. Essa retirada de um átomo da molécula de hidrogênio deixa um elétron desemparelhado no carbono central da cadeia (Min & Ahn, 2005).

A formação de radicais livres pode ser influenciada também por condições de luz, calor, umidade e presença de oxigênio, tendo este último um papel mais importante na fase de propagação (Adams, 1999). Sendo esta formação uma reação normalmente catalisada por íons metálicos (Gordon, 2001; Min & Ahn, 2005). Na fase de iniciação ainda não há mudanças significativas no sabor e na qualidade da gordura (Adams, 1999).

Na propagação, esse radical carbono é estabilizado por rearranjo molecular, reagindo com moléculas de oxigênio, em um ambiente aeróbico, e

formando um radical peróxido, produto primário da oxidação (peróxidos e hidroperóxidos) (Min & Ahn, 2005). Segundo Frank et al. (1989), em ambientes anaeróbicos ou com baixos níveis de oxigênio, os dienos conjugados interagem entre si dentro da membrana ou com as proteínas e colesterol de membrana.

O radical peróxido então retira um átomo de hidrogênio de outra molécula lipídica ou ácido graxo próximo para formar um hidroperóxido lipídico, o que acarreta na formação de um novo radical livre, propagando assim a reação em cadeia (Surai, 2002). De acordo com Estévez (2015), os mecanismos de propagação podem ocorrer até 100 vezes antes de dois radicais se combinarem e finalizarem o processo.

Na terminação, os peróxidos formados reagem entre si, originando moléculas estáveis, os produtos secundários da oxidação (Silva et al., 1999; Ramalho & Jorge, 2006). Estes compostos secundários formam compostos voláteis e não voláteis, como aldeídos, cetonas, álcoois, hidrocarbonetos e ácidos orgânicos, que causam o sabor e odor de ranço na carne e as alterações de cor (Lynch & Faustman, 2000), sendo os aldeídos os maiores responsáveis pelas alterações sensoriais (Gordon, 2001).

Tais compostos, além de responsáveis pelas alterações sensoriais do alimento, também acarretam a destruição dos constituintes essenciais, o que reduz o valor nutricional do alimento e gera compostos tóxicos durante o processamento e armazenamento (Melo & Guerra, 2002).

A carne de frango apresenta um alto teor de ácidos graxos insaturados (Mariutti & Bragagnolo, 2009), sendo que o teor de lipídios totais em cortes de peito de frango cru e sem pele é de 3%, aproximadamente, dos quais 1,1% são constituídos por ácidos graxos saturados, 1,3% ácidos graxos monoinsaturados e traços de ácidos graxos poli-insaturados (Núcleo de Estudos e Pesquisas em Alimentação, 2011). No entanto, a composição de ácidos graxos na carne de frango assada ou cozida é menor quando comparados ao frango cru, uma vez que a aplicação de cocção na carne altera o teor de lipídios totais cerca de duas a três vezes devido à perda de água (Cantor et al., 2008). Além do elevado teor de ácidos graxos insaturados, a carne de frango também apresenta baixos níveis de antioxidantes naturais, como tocoferóis (Racan Ricci et al., 2004), o que contribui ainda mais para sua alta susceptibilidade à oxidação lipídica.

Apesar da quantidade de ácidos graxos insaturados estar relacionada à susceptibilidade à oxidação lipídica, há outros fatores envolvidos. Dentre eles estão fatores pré-abate como estresse térmico; e fatores pós-abate como a presença ou não de enzimas antioxidantes e metais pesados, condições de processamento (desossa, moagem, cozimento, uso de aditivos como sal) e armazenamento (exposição à luz e ao calor), segundo Min & Ahn (2005).

O oxigênio é um importante fator relacionado à oxidação lipídica. Apesar do oxigênio atmosférico ser pouco reativo, ele pode ser convertido às espécies reativas de oxigênio (ROS), que podem participar direta ou indiretamente no processo de oxidação. Dentre as ROS, temos como exemplos: o peróxido de hidrogênio (H_2O_2), radical peróxido lipídico (LOO^*), radical alcoxi (LO^*) e complexo ferro-oxigênio (radical ferri e periferri) (Ahn et al., 1993).

De acordo com Adams (1999), quanto mais alta a temperatura, maior será a oxidação, sendo então necessário armazenar as carnes cruas ou pré-cozidas em baixas temperaturas para se reduzir a ocorrência da oxidação lipídica. Pois, segundo Limbo et al. (2010), a refrigeração diminui a atividade molecular, reduzindo as interações entre moléculas pró-oxidantes e os lipídios presentes na carne. Porém, embora ocorra com maior frequência em altas temperaturas, este não é um fator determinante, ocorrendo também em temperaturas de refrigeração e em carnes congeladas (Gomes et al., 2003).

Além da redução da temperatura de armazenamento, a oxidação lipídica pode ser inibida por outros métodos, como a restrição do acesso de oxigênio, através do uso de embalagens à vácuo e adição de antioxidantes (Pokorný, 2001).

A metodologia mais utilizada para caracterizar a oxidação lipídica em carnes e derivados cárneos é através da determinação das substâncias reativas ao ácido 2-tiobarbitúrico (TBARS). Essa metodologia se baseia na quantificação de malonaldeído (MDA) a partir da reação com o ácido 2-tiobarbitúrico (TBA), o que produz um composto de cor vermelha que é medido espectrofotometricamente a 532 nm de comprimento de onda (Figura 3). O malonaldeído é um dos principais produtos da decomposição dos hidroperóxidos (Lima Junior et al., 2013), sendo então esta uma avaliação indireta da oxidação.

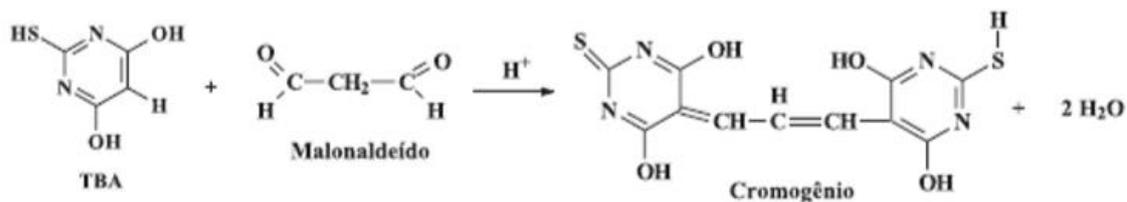


Figura 3: Reação entre o ácido 2-tiobarbitúrico e o malonaldeído formando um composto colorido (Osawa et al., 2005).

2.2 Oxidação proteica

Logo após o abate ocorre uma série de alterações bioquímicas responsáveis pela conversão do músculo em carne. Conseqüentemente, os mecanismos naturais responsáveis por inibir a oxidação perdem força (Harris et al., 2001). A presença de pigmentos heme, metais de transição, bem como grandes concentrações de ácidos graxos insaturados agem como precursores para a produção de espécies reativas de oxigênio (ROS). O tecido muscular apresenta uma alta concentração de proteínas que, quando reagem com essas espécies, formam carbonilas e levam à diminuição de grupos sulfidrilas (ou tióis) (Xiong, 2000; Soyer et al., 2010).

A oxidação proteica resulta em fragmentação, agregação e redução da solubilidade de proteínas (Terevinto et al., 2010). A reação entre ROS e as proteínas musculares acarreta perda de grupos sulfidrilas e geração de compostos carbonílicos (Fuentes et al., 2010; Soyer et al., 2010). Esse processo provoca alterações da maciez e da cor da carne (Lund et al., 2007), da capacidade de retenção de água (Bertram et al., 2007), da estrutura da miosina (Xiong et al., 2009) e da atividade enzimática (Rowe et al., 2004). O que está associado à uma baixa digestibilidade e, portanto, um menor valor nutricional das proteínas oxidadas (Morzel et al., 2006).

O desenvolvimento do processo de oxidação da proteína é similar ao dos lipídios, sendo um fenômeno complexo que tem início na reação em cadeia dos radicais livres (Davies & Dean, 2003).

Como exemplificado na Figura 4, a retirada de um átomo de hidrogênio da molécula proteica por um ROS gera um radical carbono-central proteico (P•),

que na presença de oxigênio é convertido em radical peroxila ($\text{POO}\bullet$), e peróxido de alquila (POOH) mediante a extração de um átomo de hidrogênio de uma proteína adjacente. Por sua vez, este radical proteico formado reage com um aldeído (produto secundário da oxidação lipídica gerando compostos carbonílicos), ou com outro radical gerando um agregado proteico. Reações adicionais com $\text{HO}_2\bullet$ geram um radical alcóxila ($\text{PO}\bullet$) e o derivado hidroxila (POH) (Lund et al., 2010). Segundo Davies & Dean (2003), cisteína, tirosina, fenilalanina, triptofano, histidina, prolina, arginina, lisina e metionina são os aminoácidos que mais apresentam sensibilidade aos ROS.

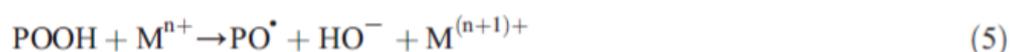


Figura 4: Mecanismo da oxidação proteica (Estévez, 2011)

Pela técnica de espectrofotometria, a oxidação proteica pode ser avaliada de duas formas: pela quantificação dos grupos carbonilas, em que se quantifica o produto gerado da reação entre 2,4-dinitrofenilidrazina (DNPH) e os grupos carbonilas de proteínas (Oliver et al., 1987); e pela quantificação de grupos tióis (sulfidrilas) (Ellman, 1959).

2.3 Antioxidantes

Para evitar a formação de lesões e perda da integridade celular causada pela oxidação, são utilizados compostos denominados antioxidantes, que agem interceptando os radicais livres e interrompendo a cadeia oxidativa (Salazar et al., 2006). Segundo a *Food and Drug Administration* (FDA), os antioxidantes são substâncias utilizadas para se preservar e aumentar o tempo de prateleira de alimentos que possuem em sua composição lipídios oxidáveis, através do retardo da descoloração, rancidez e deterioração decorrentes da oxidação.

Os antioxidantes são então, substâncias químicas capazes de prevenir a ocorrência do estresse oxidativo (Surai, 2002). Eles são compostos aromáticos, com pelo menos uma hidroxila, podendo ser derivados de fontes comerciais sintéticas ou compostos isolados naturalmente de alimentos, ou plantas (Ramalho & Jorge, 2006). Antioxidantes como a vitamina E agem aumentando a resistência da membrana contra quebras de neutrófilos ativados (Traber & Atkinson, 2007).

Os antioxidantes são formados por vitaminas, minerais, enzimas, pigmentos naturais e outros compostos vegetais. Eles são capazes de agir suprimindo a formação dos radicais livres, o que diminui a taxa de oxidação. Ao se ligarem aos radicais livres eles formam um radical pouco reativo que não reage com os lipídeos, interrompem assim a propagação da oxidação (Yanishlieva-Maslarova, 2001).

Os antioxidantes biológicos agem prevenindo os efeitos dos radicais livres e seus metabólitos. Cada um atua de forma específica, localizados em partes diferentes da célula. Uma vez que esses antioxidantes biológicos trabalham em conjunto, a deficiência de um componente impacta negativamente na eficácia dos demais. Um exemplo disso é o sinergismo entre as vitaminas E e C (Gitto et al., 2001).

Em condições de estresse *in vivo*, existe um aumento significativo na produção de radicais livres, que não pode ser suprimido pelo próprio organismo sem o uso de antioxidantes exógenos (Surai et al., 2007).

O uso de antioxidantes visa proteger os sistemas biológicos contra os efeitos danosos das ROS. Visto que nem todos os antioxidantes podem ser usados em alimentos, seu uso deve seguir as características de: não deve conferir odor ou

sabor estranhos ao produto, ser estável ao armazenamento e processamento, ser de fácil incorporação ao alimento, não podendo, o composto ou seus produtos, serem tóxicos, ser eficaz em baixas concentrações (Melo & Guerra, 2002).

Os antioxidantes são classificados de acordo com seu mecanismo de ação, que são: a doação de hidrogênio; doação de elétrons; adição do lipídio ao anel aromático; formação de um complexo entre lipídio e o anel aromático (Carvalho, 2005). Sendo então classificados em primários, sinergistas, removedores de oxigênio, biológicos e agentes quelantes e antioxidantes mistos (Bailey et al., 1996), podendo ser ainda classificados em sintéticos ou naturais (Pokorný, 2001), e enzimáticos e não enzimáticos (Colpo, 2012).

Os antioxidantes primários são compostos fenólicos que agem removendo ou inativando radicais livres formados nas fases de iniciação ou propagação. Eles agem doando átomos de hidrogênio e cessando a reação em cadeia. Dentre os antioxidantes primários são eles: polifenóis (Hidroxianisol butilado, o BHA, hidroxitolueno butilado, o BHT, butilhidroquinona terciário, o TBHQ e propil galato, o PG, que são compostos sintéticos) e os tocoferóis, compostos naturais que se encaixam também na categoria de antioxidantes biológicos (Fukumoto & Mazza, 2000). Os sinergistas são substâncias com pouca atividade antioxidante, ou até mesmo atividade antioxidante inexistente. Porém, combinados corretamente com antioxidantes primários potencializam sua atividade. Alguns antioxidantes primários utilizados em conjunto atuam de forma a aumentar sua atividade, agindo de forma sinérgica (Yeum et al., 2009). Os removedores de oxigênio capturam o oxigênio do meio, tornando-o indisponível como propagador da reação em cadeia. Como exemplos dessa classe temos os ácidos ascórbicos e derivados (Choe & Min, 2009). Os antioxidantes biológicos são enzimas que removem o oxigênio ou outros compostos reativos. Como exemplo temos as catalases, glucose oxidase e superóxido desmutase (Iqbal et al., 2002). Os agentes quelantes complexam íons metálicos que catalisam a oxidação lipídica. Dentre eles temos: o ácido cítrico e seus sais, fosfatos e sais de ácido etileno diamino tetra acético (EDTA) (Yanishlieva-Maslarova, 2001). E os antioxidantes mistos são compostos derivados de plantas ou animais. Entre eles estão: proteínas hidrolisadas e derivados do ácido cinâmico (Bailey, 1996).

Existem três formas possíveis de se adicionar antioxidantes em produtos cárneos. Eles podem ser adicionados na dieta dos animais (Govaris et al., 2005), direto na carne (Racan Ricci et al., 2008), ou por meio de filmes de cobertura (Zhou et al., 2010). Dentre essas três formas apresentadas, o ideal seria a adição dos antioxidantes na dieta dos animais, pois além da proteção das moléculas alvo do estresse oxidativo teriam um importante papel contra doenças crônicas (Park et al., 2003). Porém, a eficácia de tais compostos como antioxidantes *post mortem* varia de acordo com a sua metabolização e deposição no tecido (Fernandez-Panchon et al., 2008), não sendo possível uma quantificação exata.

2.3.1 Antioxidantes sintéticos

Os antioxidantes sintéticos são bastante utilizados pelas indústrias com o intuito de se reduzir a oxidação lipídica em produtos alimentícios (Martinez-Tome et al., 2001). Os antioxidantes sintéticos mais utilizados são: BHA, BHT, TBHQ e PG. Tais compostos inibem a oxidação lipídica sequestrando radicais livres, isso ocorre devido à sua estrutura fenólica que permite doação de um próton a um radical livre, regenerando a molécula do acilglicerol e interrompendo o mecanismo de oxidação (Ramalho & Jorge, 2006).

Os antioxidantes sintéticos utilizados em alimentos destinados ao consumo humano no Brasil são regulamentados pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), através da RDC n. 45 de 03 de novembro de 2010, pelo Regulamento Técnico sobre aditivos alimentares segundo as Boas Práticas de Fabricação (BPF). Assim, são autorizados pela ANVISA para uso em produtos cárneos: o ácido ascórbico, ascorbato de sódio, ascorbato de cálcio, ascorbato de potássio, ácido eritórbico, ácido isoascórbico, eritorbato de sódio, isoascorbato de sódio, BHA, BHT e PG.

O BHA e BHT apresentam ação semelhante, sendo bastante efetivos na supressão da oxidação de ácidos graxos de cadeia curta, e mais efetivos em gorduras animais do que em óleos vegetais, tendo pouca estabilidade em altas temperaturas. O BHT apresenta fórmula $C_{15}H_{24}O$ (Figura 5), sendo uma substância sólida, cristalina e insolúvel em água, tendo relatos de toxicidade hepática e

cancerígena relacionada à sua exposição contínua (Kahl & Kappus, 1993; EU, 2012). O BHA é formado por 90% de isômeros 2 e 3 do terciário-butil-4-metoxifenol (Figura 5), sendo também uma substância sólida e cristalina, de coloração branco-amarelada, podendo ser utilizado em combinação com o BHT (Baruffaldi & Oliveira, 1998).

Outros fatores importantes relacionados à eficácia além do mecanismo de ação, estão: concentração utilizada, temperatura, exposição à luz e tipo de substratos (Yanishlieva & Marinova, 2001).

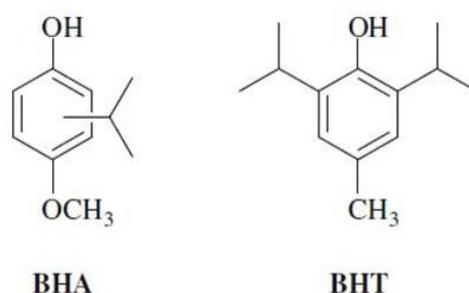


Figura 5: Estrutura dos antioxidantes sintéticos BHA e BHT (adaptado Gülçin, 2011)

O Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA), através da Instrução Normativa 51, de 29 de dezembro de 2006, regulamentou os limites de aditivos em produtos cárneos, estabelecendo o limite máximo de 0,01% para a adição dos antioxidantes sintéticos BHT, BHA e PG.

Segundo estudos recentes, há a possibilidade de tais antioxidantes sintéticos apresentarem efeito tóxico (Mohamed et al., 2011), dentre eles, efeitos negativos na regulação da atividade da proteína quinase (Kosarski et al., 2014), dentre outros efeitos deletérios que vem sendo estudados a algum tempo (Takahashi & Hiraga, 1978; Witschi & Lock, 1978).

2.3.2 Antioxidantes naturais

Em decorrência dos estudos acerca da possível toxicidade dos antioxidantes sintéticos (Mohamed et al., 2011), as autoridades de saúde

incentivam o uso de aditivos naturais (Soares et al., 2012), e devido à procura por parte dos próprios consumidores por produtos mais naturais e com menor quantidade de substâncias sintéticas, o uso de antioxidantes naturais se tornou uma alternativa muito atrativa para a substituição das substâncias sintéticas na preservação da oxidação lipídica (Selani, 2010).

Grande parte dos antioxidantes naturais são compostos fenólicos, que podem ser divididos em: tocoferóis, flavonoides e ácidos fenólicos (Pokorny, 1999), sendo que essas substâncias são capazes de interceptar e neutralizar radicais livres (Traesel et al., 2011). Os compostos fenólicos são originados do metabolismo das plantas, se formando em condições de estresse, térmico ou hídrico, infecções, fermentos e radiações ultravioletas, sendo de grande importância para sua reprodução e crescimento (Naczki et al., 2004). Os fenólicos apresentam anel aromático com um ou mais substituintes hidroxílicos, possuindo estrutura variável (Lee et al., 2005).

De acordo com Podsedek et al. (2007) e Kyngmi et al. (2008), os compostos fenólicos podem atuar como antioxidantes das seguintes formas: interrupção da reação de propagação dos radicais livres, modificação do potencial de oxirredução do meio, combate aos radicais livres (através da doação de um átomo de hidrogênio), atuando como quelantes de metais de transição, reparando lesão das moléculas atacadas por radicais livres.

As frutas cítricas apresentam grandes quantidades de compostos fenólicos, que podem ser encontrados em maior quantidade na polpa em comparação com o suco (Pimentel et al., 2005). Com relação aos produtos cárneos, os principais antioxidantes naturais utilizados são: o orégano, sendo as principais substâncias encontradas em seu extrato os glucosídeos, ácidos fenólicos e derivados terpenos (Benzaquen, 2009) e o alecrim, cujas substâncias normalmente encontradas são o ácido rosmarínico, carnosol e o ácido carnósico (Araújo, 2008).

Os flavonoides são formados por fenólicos de plantas e apresentam uma estrutura com dois anéis aromáticos ligados por uma cadeia alifática com três carbonos (na forma de purina ou de anel furano). Estes compostos também apresentam atividade antimicrobiana, citotóxica, antitumoral e anti-inflamatória. Neste grupo encontram-se os flavonóis, as flavonas, isoflavonas, flavononas e chalconas (Saxena et al., 2012). Sua atividade antioxidante se deve a mais de um

mecanismo de ação, sendo eles: sequestro de radicais livres, sequestro do oxigênio, quelagem de metais ou através da inibição de enzimas lipoxigenases (Andersen et al., 2003).

Os tocoferóis são os mais utilizados, sendo encontrados em quase todos os alimentos. Sua ação antioxidante se deve ao fato de doarem um átomo de hidrogênio para o radical peróxi lipídico, que se estabiliza, dando origem a um não radical (Frankel, 1996). Os tocoferóis podem ser classificados em tocoferóis e tocotrienóis, sendo compostos por 4 isômeros cada, num total de 8 isômeros de tocoferol (Frankel, 1996). O nível do poder antioxidante é dose-dependente, podendo ser usados como antioxidantes in vivo, além de serem estáveis ao calor (Sies & Stahl, 1995).

Apesar de apresentarem boa quantidade de compostos fenólicos, o poder antioxidantes de frutas e vegetais pode ser limitado por condições climáticas, solo, variedade, cultivares, o que interfere na quantidade de compostos presentes (Melo et al., 2008), além dos diferentes processos de extração (Velasco, 2005). Outro fator a ser levado em consideração é que a utilização desses extratos naturais em grandes quantidades pode causar alterações organolépticas na carne (Ahn et al., 2007).

2.4 Microbiologia de alimentos

Os alimentos, em geral, possuem nutrientes que favorecem o crescimento microbiano. Este crescimento é também afetado por outros fatores, como atividade de água, disponibilidade dos nutrientes, pH, potencial de oxirredução, presença de substâncias que inibam o crescimento microbiano, temperatura, umidade, composição atmosférica e embalagem (Forsythe, 2002).

A carne é um alimento que possuiu atividade de água 0,95 a 1,0 e pH 5,4 a 7, podendo ser facilmente contaminado (Milani, 2012). Por ser um alimento de fácil contaminação, várias técnicas são implementadas visando a segurança alimentar, como a aplicação do sistema APPCC (Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controle). Buscando um melhor controle de temperatura, um melhor

sistema de higienização (tanto de equipamentos, pessoas e ambiente), e monitoramento adequado de todos os processos (Forsythe, 2002).

Bactérias capazes de crescer em temperaturas de cerca de 37°C, como a *Salmonella spp.* e a *Escherichia coli*, são os principais responsáveis pela contaminação dos alimentos (Forsythe, 2002). Com relação à carne de frango, os principais microrganismos encontrados são: *Staphylococcus aureus*, *Salmonella spp.*, *Listeria monocytogenes*, *Clostridium botulinum*, *Escherichia coli*, *Proteus spp.* e *Aeromonas spp.* (Forsythe, 2002). A Instrução Normativa 70, de 6 de outubro de 2003, do Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA), estabelece o controle de *Salmonella spp.* nas carnes de aves, sendo considerado aceitável a sua presença em no máximo 12 carcaças para cada 51 carcaças analisadas.

Um importante indicador da qualidade sanitária dos alimentos é a contagem de bactérias mesofílicas. Outro indicador é a pesquisa de coliformes termotolerantes, sendo um indicativo confiável de contaminação fecal (Carvalho, 2010). Segundo a resolução RDC nº12, de 12 de janeiro de 2001, da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), o número máximo de coliformes termotolerantes para carnes resfriadas ou congeladas “in natura” de aves deve ser de 10⁴ NMP/g.

A grande procura por parte dos consumidores por produtos mais naturais, e o conhecimento empírico das propriedades antimicrobianas de diversas plantas ocasionaram no crescimento das pesquisas nesta área. Hoje, sabe-se da ação dos principais compostos extraídos de plantas: os terpenóides e óleos essenciais, os alcaloides, as substâncias fenólicas, as flavonas e os flavonoides, e os taninos (Tajkarimi et al., 2010). Porém o espectro de ação de tais compostos oriundos de plantas é variado, sendo as bactérias gram-negativas mais resistentes em função de sua membrana lipopolissacarídea (Tajkarimi et al., 2010)

2.5 Cerrado brasileiro

O Cerrado é o segundo maior bioma brasileiro, ocupando cerca de 22% do território nacional (cerca de 2 milhões de km²), abrangendo os estados de Goiás, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Maranhão, Tocantins, Piauí, Rondônia, Bahia,

Minas Gerais, São Paulo, Distrito Federal e Paraná (Ribeiro et al., 2008). É um bioma de clima tropical, com duas estações bem definidas, o verão (com grande incidência de chuvas), que vai de outubro a abril, e o inverno (seca), que vai de maio a setembro (Embrapa, 2018).

Sua vegetação abrange campos abertos, florestas e savanas (Silva et al., 2015), e possui uma grande biodiversidade, tanto de animais, quanto de plantas, com cerca de 100 espécies de árvores, 3.000 espécies de arbustos e cerca de 500 trepadeiras (Mendonça et al., 1988). Isso inclui diversas espécies frutíferas, das quais a maioria ainda são pouco exploradas comercialmente e pela comunidade científica (Lima et al., 2015).

2.5.1 Murici (*Byrsonima sp.*)

A *Byrsonima sp.* pertence à família Malpigiaceae, gênero *Byrsonima*, conhecida popularmente como murici. Essa árvore possui galhos pouco resistentes e troncos tortuosos, sendo considerada uma árvore de pequeno porte, chegando a aproximadamente 5 metros de altura (Monteiro et al., 2015). Seu fruto é usado como agente anti-inflamatório e cicatrizante (Gusmão et al., 2006), sendo relatado em diversos estudos como tendo atividade antioxidante, antimicrobiana e anti-inflamatória (Guilhon-Simplicio & Pereira, 2011).

Suas folhas são usadas para tratar casos de febres e úlceras, além de doenças dérmicas e gastrointestinais (Lopez et al., 2001). Pesquisas sobre sua composição química encontraram esteroides, triterpenos, flavonoides, dentre outros compostos (Bejar et al., 1995).



Figura 6: Murici (*Byrsonima sp.*)

Fonte: <https://www.arvores.brasil.nom.br/new/murici/index.htm>

2.5.2 Pau-Terra (*Qualea grandiflora*)

A *Qualea grandiflora*, conhecida popularmente como pau-terra, é uma árvore encontrada em mata de galeria, no cerrado e cerradão dos estados da Amazônia, São Paulo, Minas Gerais, Goiás, Mato Grosso e Mato Grosso do Sul (Lorenzi, 1992a). É uma espécie lenhosa, com ampla distribuição, tendo grande aptidão para uso em reflorestamentos (Lorenzi, 1992a).

É considerada uma planta medicinal, cujas cascas e folhas são utilizadas no tratamento de diarreia, cólicas intestinais e contra amebíase (Ayres et al., 2008). Sua casca possui ainda grande quantidade de tanino, de onde vem sua propriedade antisséptica (Pott & Pott, 1994). E segundo Ayres et al. (2008), extratos oriundos dessa espécie também apresentam atividade antimicrobiana, uma vez que constataram a presença de compostos secundários com estas propriedades.

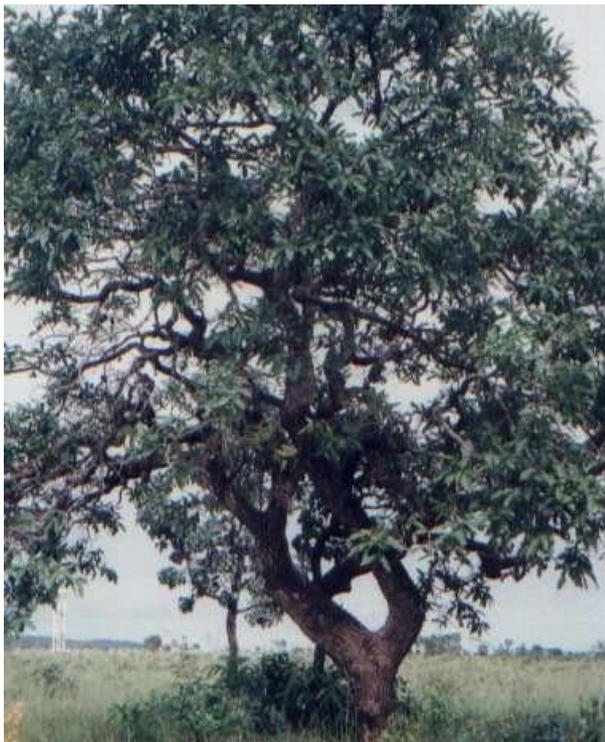


Figura 7: Pau-terra (*Qualea grandiflora*)

Fonte: <https://www.arvores.brasil.nom.br/cerrd/pterra.htm>

2.5.3 Mama cadela (*Brosimum gaudichaudii*)

A *Brosimum gaudichaudii*, popularmente conhecida como mama cadela ou inharé, pertence à família Moraceae (Cronquist, 1988), sendo encontrada nas regiões tropicais (Ferreira, 1973). A *Brosimum gaudichaudii* pode ser encontrada em diversas regiões do território nacional, sendo mais comum no cerrado, sendo encontrada nos estados do Amazonas, Pará, Maranhão, Ceará, Bahia, Goiás, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, São Paulo, Paraná e Distrito Federal.

Apresenta-se na forma de arbusto, podendo chegar até 4 metros de altura. Suas flores são unissexuadas, florescendo nos meses de setembro a novembro e seus frutos são comestíveis ao natural (Silva et al., 1994). Sua casca e raízes apresentam propriedades medicinais, sendo usadas com frequência na medicina popular (Almeida, 1998).



Figura 8: Mama cadela (*Brosimum gaudichaudii*)

Fonte: <https://sites.unicentro.br/wp/maneioflorestal/brosimum-gaudichaudii-trec-mamacadela/>

2.5.4 Pimenta de macaco (*Xylopia aromatica*)

A *Xylopia aromatica*, popularmente chamada pimenta de macaco, pertence à família Annonaceae. Dentre os diferentes gêneros dentro desta família, 29 são registrados no Brasil, com cerca de 260 espécies, das quais as mais comuns são os gêneros *Annona*, *Xylopia* e *Guatteria* (Gottsberger, 2014).

A pimenta de macaco é considerada uma árvore ornamental, possuindo uma madeira leve e mole (Lorenzi, 1992b). Seus frutos podem ser usados como substitutos da pimenta do reino na culinária em função do seu sabor e aroma suaves. Também é popularmente usada para fins medicinais, como vermífugo, diurético, no combate a febre e gases intestinais (Almeida et al., 1998).



Figura 9: Pimenta de macaco (*Xylopiya aromatica*)

Fonte: <https://www.cpap.embrapa.br/plantas/ficha.php?especie=Xylopiya%20aromatica>

3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADAMS, C. A. **Oxidation and antioxidants**. In: Nutricines: Food components in health and nutrition. Nottingham: Nottingham University Press. 1999.

AHN, D.U., WOLFE, F.H., SIM, J.S. **The effect of metal chelators, hydroxyl radical scavengers, and enzyme systems on the lipid peroxidation of raw turkey meat**. Poultry Science, v.72, p. 1972-1980, 1993.

AHN, J., GRÜN, I. U., MUSTAPHA, A. **Effects of plant extracts on microbial growth, color change, and lipid oxidation in cooked beef**. Food Microbiology, v. 24, p.7-14, 2007.

ALMEIDA, S.P. **Cerrado: Aproveitamento Alimentar**. Planaltina. EMBRAPA - CPAC. 188p. 1998.

ALMEIDA, S.P.; PROENÇA, C.E.; SANO, S.M.; RIBEIRO, J. F. **Cerrado: espécies vegetais úteis**. EMBRAPA. Planaltina, DF. 1998, 464p.

ANDERSEN, M.L.; LAURIDSEN, R.K. AND SKIBSTED, L.H. Phytochemical functional foods, In: JOHNSON, I., WILLIAMSON, G. **Optimising the use of phenolic compounds in foods**. Cambridge: Woodhead Publishing LTD, p. 315-346, 2003.

ANVISA- Resolução da Diretoria Colegiada – RDC n. 45, de 03 de novembro de 2010 disponível em: <<http://portal.anvisa.gov.br/>> Acesso em 20 de maio de 2019.

ANVISA- Resolução CISA/MA/MS nº 10, de 31 de julho de 1984 disponível em: <<http://portal.anvisa.gov.br/>> Acesso em 19 de maio de 2019.

ARAUJO, M. A. J. **Química dos Alimentos: Teoria e Prática**. 4,ed. Viçosa: Editora UFV, 596p, 2008.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PROTEÍNA ANIMAL (ABPA). Relatório Anual 2018. Disponível em: <<http://abpa-br.com.br/storage/files/relatorio-anual-2018.pdf>> Acesso em 26 de fevereiro de 2019.

AYRES, M. C. C. et al. **Constituintes químicos das folhas de Qualea grandiflora: atribuição dos dados de RMN de dois flavonóides glicosilados acilados diastereoisoméricos.** Química Nova, São Paulo, v. 31, n. 6, p. 1481-1484, 2008.

BARUFFALDI, R., OLIVEIRA, M. N. **Fundamentos da tecnologia de alimentos.** Editora Atheneu: São Paulo, 317 p, 1998.

BEJAR, E., AMARQUAVE, A., CHEC, C-T., MALONE, M.H., FONG, H.H.S. **Constituents of Byrsonima crassifolia and their spasmogenic activity.** Int J Pharmacogn 33: 25-32, 1995.

BELITZ, H. D. GROSCH, W. Lipids. In: BELITZ, H. D. GROSCH, W. **Food Chemistry.** 2ed. Springer: Berlim, p. 152-236, 1999.

BENZAQUEN, T. "**Dossiê antioxidantes: os antioxidantes.**" Food Ingredientes Brasil 6: 16-30, 2009.

BERSET, C., CUVELIER, M. E. **Methods of estimating the degree of lipid oxidation and of measuring antioxidizing power.** Science des Aliments, v.16, p. 219-245, 1996.

BERTRAM, H.N. et al. **Does oxidation affect the water functionality of myofibrillar proteins?** Journal of Agricultural and Food Chemistry, v.55, p.2342-2348, 2007.

BOZKURT, H. **Utilization of natural antioxidants: Green tea extract and Thymbra spicata oil in Turkish dry-fermented sausage.** Meat Science, Barking, v. 73, n. 3, p. 442-450, 2006.

CANTOR A.H, DECKER E.A, COLLINS V.P. **Fatty acids in poultry and egg products.** In: Chow CK, editor. Fatty acids in foods and their health implications 3rd ed. Boca Raton: CRC Press; 2008.

CARAMORI, S.S.; LIMA, C.S.; FERNANDES, K.F. **Biochemical characterization of selected plant species from Brazilian savannas.** Brazilian archives of biology and technology and International Journal, Curitiba, v.47, n.2, p.253-259, 2004.

CARVALHO, P.R. **Aditivos dos alimentos.** Revista LOGOS, n. 12, 2005.

CARVALHO, I. T. **Microbiologia dos alimentos:** e-Tec Brasil, Escola técnica Aberta do Brasil (ETEC-Brasil), p.79-83, 2010.

CHOE, E.; MIN, D. B. **Mechanisms of Antioxidants in the Oxidation of Foods.** Food Science and Food Safety, v. 08, p. 345-358, 2009.

COLPO, A. Z. C. **Perfil fitoquímico e capacidade antioxidante de extratos de erva-mate (Ilex paraguariensis A.St. Hill.).** Dissertação de Mestrado em Bioquímica da Universidade Federal do Pampa, Uruguaiana, p. 102, 2012.

CRONQUIST, A. **The evolution and classification of flowering plants.** The New York Botanical Garden, New York, USA.1988.

DAVIES, M. J., DEAN, R. T. (Eds.), **Radical-mediated Protein Oxidation,** Oxford Science Publications, Oxford 2003.

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, 85(1), 155-159, 2010.

ELLMAN, G.L. **Tissue sulfhydryl groups**. Archives of Biochemistry and Biophysics, v.82, p.70-77, 1959.

EUROPEAN UNION - EU. **Scientific Opinion on the re-evaluation of butylated hydroxytoluene BHT (E321) as a food additive**. EFSA Journal, v. 10, p. 1-43, 2012.

ESTÉVEZ, M., HEINONEN, M. **Effect of phenolic compounds on the formation of alpha-aminoadipic and gamma-glutamic semialdehydes from myofibrillar proteins oxidized by copper, iron, and myoglobin**. J. Agric. Food Chem. 58, p.4448–4455, 2010.

ESTÉVEZ, M. **Protein carbonyls in meat systems. A review**. Meat Science, v. 89, n. 3, 259-279, 2011.

ESTÉVEZ, M. **Oxidative damage to poultry: from farm to fork**. Poultry Science, v.94, p.1368–1378, 2015.

EVERETTE, J. D., BRYANT, Q. M., GREEN, A. M., ABBEY, Y. A., WANGILA, G. W., WALKER, R. B. **Thorough study of reactivity of various compound classes toward the Folin-Ciocalteou reagent**. Journal of Agricultural and Food Chemistry, Washington, v. 58, p. 8.139-8.144, 2010.

FALOWO, A. B., FAYEMI, P. O. & MUCHENJE, V. **Natural antioxidants against lipid–protein oxidative deterioration in meat and meat products: A review**. Food Research International, 64, 171–181, 2014.

FDA, US Food and Drug Administration. Disponível em <http://www.fda.gov/> acesso em 20.04.2018.

FERNANDEZ-PANCHON, M. S., VILLANO, D., TRONCOSO, A. M., GARCIA-PARRILLA, M. C. **Antioxidant activity of Phenolic compounds: From in vitro results to in vivo evidence.** Food Science and Nutrition, v. 48, p. 649-671, 2008.

FERREIRA, M. B. **Frutos comestíveis nativos do Distrito Federal.** Cerrado. v.5 n.9 p.25-29, 1973.

FORSYTHE, S.J. **Microbiologia da segurança alimentar.** Editora Artmed: Porto Alegre, 424p., 2002.

FRANK, H., THIEL, D., MACLEOD, J. **Mass spectrometric detection of cross-linked fatty acids formed during radical-induced lesion of lipid membranes.** Biochem. J., v.260, p.873878, 1989.

FRANKEL, E. N. **Antioxidants in lipid foods and their impact on food quality.** Food Chemistry, v. 57, p. 5–51, 1996.

FUENTES, V.; VENTANAS, J.; MORCUENDE, D.; ESTÉVEZ, M.; & VENTANAS, S. **Lipid and protein oxidation and sensory properties of vacuum-packaged dry-cured ham subjected to high hydrostatic pressure.** Meat Science, v. 85, 506–514, 2010.

FUKUMOTO, L. R.; MAZZA, G. **Assessing Antioxidant and Prooxidant Activities of Phenolic Compounds.** Journal of Agriculture and Food Chemistry, v. 48, p. 3597-3604, 2000.

GITTO, E., TAN, D., REITER, R. J., KARBOWNIK, M., MANCHESTER, L. C., CUZZOCREA, S., FULIA, F., BARBERI, I. **Individual and synergistic antioxidative actions of melatonin: studies with vitamin E, vitamin C, glutathione and desferrioxamine (desferoxamine) in rat liver homogenates.** Journal of Pharmacy and Pharmacology, v. 53, p. 1393-1401, 2001.

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

GORDON, M. H. **The development of oxidative rancidity in foods.** In: POKORNY, J., et al. Antioxidants in Food: Practical Applications. Inglaterra: Woodhead Publishing, p. 721, 2001.

GOTTSBERGER, G. **Evolutionary steps in the reproductive biology of Annonaceae.** Revista Brasileira de Fruticultura, v.36, n. 1, p. 32-43, 2014.

GOVARIS, A., BOTSOGLOU, E., FLOROU-PANERI, P., MOULAS, A. PAPAGEORGIU, G. **Dietary supplementation of oregano essential oil and tocopheryl acetate on microbial growth and lipid oxidation on turkey breast fillets during storage.** International Journal of Poultry Science, v.4, p.969-975, 2005.

GRAY, J. I; GOMAA, E. A.; BUCKLEY, D.J. **Oxidative quality and shelf life of meats.** Meat Science, Great Britain, v.34, p.S111-S123, 1995.

GUILHON-SIMPLICIO; PEREIRA. **Aspectos químicos e farmacológicos de Byrsonima (Malpighiaceae).** Química Nova. Manaus, v. 34, n. 1, p. 1032-1041, 2011.

GULÇIN, I. **Antioxidant activity of food constituents: an overview.** Archives of Toxicology, 86(3), 345–391, 2011.

GUSMÃO, E.; VIEIRA, F. A.; FONSECA JÚNIOR, E. M. **Biometria de frutos e endocarpos de murici (Byrsonima verbascifolia Rich. Ex A. Juss).** Cerne, Lavras, v. 12, n. 1, p. 84-91, 2006.

HARRIS, S. E. et al. **Antioxidant status affects color stability and tenderness of calcium chloride injected beef.** Journal of Animal Science, v.79, p.666-677, 2001.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Mapa de biomas e sistema costeiro-marinho.** Disponível em: <<https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-sala-de-imprensa/2013-agencia-de-noticias/releases/25798-ibge-lanca-mapa-inedito-de-biomas-e-sistema-costeiro-marinho>> Acesso em 19 de Dezembro de 2019.

IQBAL M., CAWTHON D., BEERS K., WIDEMAN R.F., BOTJE W.G. **Antioxidant Enzyme Activities and Mitochondrial Fatty Acids in Pulmonary Hypertension Syndrome (PHS) in Broilers.** Poultry Science, v. 81, p. 252-260, 2002.

KAHL, R., KAPPUS, H. **Toxicology of the synthetic antioxidants BHA and BHT in comparison with the natural antioxidant vitamin E.** European Food Research and Technology, v. 196, p. 329-338, 1993.

KARRE, L., LOPEZ, K. & GETTY, K. J. **Natural antioxidants in meat and poultry products.** Meat Science, 94(2), 220–227, 2013.

KOZARSKI, M.S.; KLAUS, A.S.; NIKSIC, M.P.; VAN GRIENSVEN, L.J.L.D.; VRVIC, M.M.; JAKOVLJEVIC, D.M. **Polysaccharides of higher fungi: Biological role, structure and antioxidative activity.** Chem. Ind., 68, 305–320, 2014.

KYNGMI M.S, EBELER E. **Flavonoid effects on DNA oxidation at low concentrations relevant to physiological levels.** Food Chem Toxicol; 46:96-104, 2008.

LEE, S.J., UMANO, K., SHIBAMOTO T., LEE K.G. **Identification of volatile components in basil (*Ocimum basilicum*) and thyme leaves (*Thymes vulgaris* L.) and their antioxidant properties.** Food Chemistry, v. 91, p. 131-137, 2005.

LIMA JUNIOR, D. M., RANGEL, A. H. N., URBANO, S. A., MORENO, G. M. B. **Oxidação lipídica e qualidade da carne ovina**. Acta Veterinaria Brasilica, v.7,p.14-28, 2013.

LIMA, J. P.; RODRIGUES, L. F.; MONTEIRO, A. G. D. P.; VILAS BOAS, E. V. B. **Climacteric pattern of mangaba fruit (*Hancorniaspeciosa* Gomes) and its responses to temperature**. Scientia Horticulturae, Amsterdam, v. 197, n. 2, p. 399-403, 2015.

LIMBO, S., TORRI, L., SINELLI, N., FRANZETTI, L. & CASIRAGHI, E. **Evaluation and predictive modeling of shelf life of minced beef stored in high-oxygen modified atmosphere packaging at different temperatures**. Meat Science v.84, p.129–136, 2010.

LOPEZ, A., HUDSON, J.B., TOWERS, G.H.N. **Antiviral and antimicrobial activities of Colombian medicinal plants**. J Ethnopharmacol 77: 189-196, 2001.

LORENZI, H. **Árvores Brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. Nova Odessa: Plantarum, p. 352, 1992a.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. Plantarum; Nossa Odessa. v.1, p. 368, 1992b.

LUND, M.N. et al. **High-oxygen packaging atmosphere influences protein oxidation and tenderness of porcine longissimus dorsi during chill storage**. Meat Science, v.77, p.295-303, 2007.

LUND, M. N., HEINONEN, M., BARON, C. P., & ESTÉVEZ, M. **Protein oxidation in muscle foods: A review**. Molecular Nutrition & Food Research, 55(1), p.83–95, 2010.

LYNCH, M. P., FAUSTMAN, C. **Effect of aldehyde lipid oxidation products on myoglobin**. Journal of Agricultural and Food Chemistry, v. 48, p. 600-604, 2000.

MADIGAN, M.T., MARTINKO, J. M., DUNLAP P. V., CLARK, D. P. **Microbiologia de Brock**. 12ed. Ed. Artmed: Porto Alegre. 1160p., 2010.

MARIUTTI, L.R.B., BRAGAGNOLO, N. **A oxidação lipídica em carne de frango e o impacto da adição de sálvia (*Salvia officinalis*, L.) e de alho (*Allium sativum*, L.) como antioxidantes naturais**. Rev Inst Adolfo Lutz, v.68, p.1-11, 2009.

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

MELO, E. A., GUERRA, N. B. **Ação antioxidante de compostos fenólicos naturalmente presentes em alimentos**. Bol. SBCTA, v.36, n. 1, p. 1-11, 2002.

MELO A.E., MACIEL M I S.,DE LIMA, V L A.G & DO NASCIMENTO, R.J. **Capacidade antioxidante de frutas**. Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences, 44(2), 2008.

MENDONÇA, R. C.; FELFILI, J. M.; WALTER, B. M. T.; SILVA, M. C.; REZENDE, A . R.; FILGUEIRAS, T. S., NOGUEIRA, P. E. **Flora vascular do Cerrado in Cerrado: ambiente e flora**. SANO, S. M. e ALMEIDA, S. P. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária do Brasil (EMBRAPA), Brasil, p. 286-556, 1988.

MILANI, L. I. G., TERRA, N. N., FRIES, L. L. M., REZER, A. P. S., FERREIRA, S. F., CICHOSKI, A. J., VALENTE, C. R. F. **Oxidação lipídica, características sensoriais e cor da carne de frango adicionada de extratos de caqui (*Diospyros kaki*, L.) e submetida a tratamento térmico**. Braz. J. Food Technol., v. 13, p. 242-250, 2010.

MILANI, L. I. G. **Avaliação da atividade antimicrobiana e antioxidante de extratos de caqui (*Diospyros kaky* L.) para proteção de produtos cárneos.** 2012. 169p. Tese em Ciência e Tecnologia dos Alimentos da Universidade Federal de Santa Maria, Rio Grande do Sul. 2012.

MIN, B.; AHN, D. U. **Mechanism of lipid peroxidation in meat and meat products - A review.** Food Sci. Biotechnol., v.14, p.152– 163, 2005.

MOHAMED, H. M. H.; MANSOUR, H. A.; DIAA EL-DIN, M.; FARAG, H. **The use of natural herbal extracts for improving the lipid stability and sensory characteristics of irradiated ground beef.** Meat Science, v. 87, p. 33-39, 2011.

MONTEIRO, D. C. B.; SOUSA, W. C.; PIRES, C. R. F.; AZEVEDO, L. A.; BORGES, J. S. **Caracterização físico-química do fruto e da geleia de Murici (*Byrsonima Crassifolia*).** Enciclopédia Biosfera, Goiânia, v. 11, n. 21, p. 3356, 2015.

MORZEL, M., GATELLIER, Ph., SAYD, T., RENERRE, M., LAVILLE, E. **Chemical oxidation decreases proteolytic susceptibility of skeletal muscle myofibrillar proteins.** Meat Sci., 73, p.536–543, 2006.

MORZELLE, M. C. et al. **Caracterização química e física de frutos de curriola, gabioba e murici provenientes do cerrado brasileiro.** Rev. Bras. Frutic., vol.37, n.1, pp.96-103, 2015.

NACZK, MARIAN, & FERREIDON SHAHIDI. **Extraction and analysis of phenolics in food.** Journal of chromatography A 1054.1: 95-111, 2004

NELSON, D. L.; COX, M. M. Lipids. In: NELSON, D. L.; COX, M. M. **Lehninger Principles of Biochemistry.** 5ed. Nova Iorque: W. H. Freedman Company, p. 343370, 2008.

NEPA - NÚCLEO DE ESTUDOS E PESQUISAS EM ALIMENTAÇÃO. **Tabela Brasileira de Composição de Alimentos**. 4ed. Editora UNICAMP: Campinas, SP, p. 16-104, 2011.

NESS, A. R. & POWLES, J. W. **Fruit and vegetables, and cardiovascular disease: a review**. *Int. J. Epidemiol.*, 26:1–13, 1997.

OLIVER, C.N. et al. **Age-related changes in oxidized proteins**. *The Journal of Biological Chemistry*, v.262, p.5488-5491, 1987.

OSAWA, C. C., FELÍCIO, P. E., GONÇALVES, L. A. G. **Teste de TBA aplicado a carnes e derivados: métodos tradicionais, modificados e alternativos**. *Quim. Nova*, v.28, p.655-663, 2005.

PARK, Y. K., PARK, E., KIM, J. S., KANG, M. H. **Daily grape juice consumption reduces oxidative DNA damage and plasma free radical levels in healthy Koreans**. *Mutat. Res.*, 529:77–86, 2003.

PIMENTEL C.V.M.B, FRANCKI V.M, GOLLÜCKE A.P.B. **Alimentos funcionais: introdução às principais substâncias bioativas em alimentos**. São Paulo: Varela; 2005.

PODSEDEK A. **Natural antioxidants capacity of brassica vegetables: a review**. *J Food Compos Anal*; 40:1-11, 2007.

POKORNY, J. **Antioxidants in food preservation**. In: RHAMAN, S. *Handbook of Food Preservation*. New York: Marcel Dekker, p. 37-309, 1999.

POKORNY, J. Introduction In: POKORNY, J.; YANISHLIEVA, N.; GORDON, M. **Antioxidants in food: Practical applications**. Cambridge: Woodhead Publishing, p. 3-5, 2001.

POTT, A.; POTT, V. **Plantas do pantanal**. Corumbá: Centro de Pesquisa Agropecuária do Pantanal, 1994.

QUINN, P.J., MARKET, B.K., CARTER, M.E., DONNELLY, N.J., LEONARD, F.C. **Microbiologia veterinária e doenças infecciosas**. Ed. Artmed: São Paulo. 512p. 2005.

RACANICCI, A. M. C., DANIELSEN, B., MENTEN, J. F. M., REGITANO-D'ARCE, M. A. B. & SKIBSTED, L. H. **Antioxidant effect of dittany (*Origanum dictamnus*) in pre-cooked chicken meat balls during chill-storage in comparison to rosemary (*Rosmarinus officinalis*)**. European Food Research and Technology, 218(6), 521–524, 2004.

RACANICCI, A.M.C., DANIELSEN, B., SKIBSTED, L. H. **Mate (*Ilex paraguariensis*) as a source of water extractable antioxidant for use in chicken meat**. European Food Research and Technology, v.277, p. 255-260, 2008.

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

Ribeiro, J. F & Walter, B. M. T. **As Principais Fitofisionomias do Bioma Cerrado**. In: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P. de; RIBEIRO, J. F. (Ed.). Cerrado: ecologia e flora v. 2. Brasília: EMBRAPA-CERRADOS, 876 p., 2008.

ROBERFROID, M, CALDERON, P. B. Definitions, Properties, and Reactions of Radicals. **Free Radicals and Oxidation Phenomena in Biological Systems**. 3ed. New York: Marcel Dekker Inc., p. 11-32, 1995.

ROWE, L.J. et al. **Oxidative environments decrease tenderization of beef steaks through inactivation of μ -calpain**. Journal of Animal Science, v.82, p.3254-3266, 2004.

SALAZAR, M., ROJO, A. I., VELASCO, D., SAGARRA, R. M., CUADRADO, R. **Glycogen synthase kinase-3 β inhibits the xebiotic and antioxidant cell response by direct phosphorylation and nuclear exclusion of the transcription factor Nrf2.** The Journal of Biological Chemistry, v. 281, p. 14841-14851, 2006.

SAXENA, M., SAXENA, J., PRADHAN, A. **Flavonoids and Phenolic Acids as Antioxidants in Plants and Human Health.** International Journal of Pharmaceutical Sciences Review and Research, v. 28, p. 130-134, 2012.

SELANI, M. M. **Extrato de bagaço de uva como antioxidante natural em carne de frango processada e armazenada sob congelamento.** Dissertação de Mestrado, Universidade de São Paulo, 2010.

SIES, H., STAHL, W. **Vitamins E and C, a-carotene, and other carotenoids as antioxidants.** The American Journal of Clinical Nutrition, v. 62, p. 1315S-21S, 1995.

SILVA et al. In: **Estudo cienciométrico e etnobotânico sobre uma planta medicinal do cerrado mama-cadela (Brosimum gaudichaudii Trécul).** ISSN 1983-4209 vol. 07, n. 02, 1994.

SILVA, F.A.M.; BORGES, M.F.M.; FERREIRA M.A. **Métodos para avaliação do grau de oxidação lipídica e da capacidade antioxidante.** Quimica Nova, v.22, p. 94-103, 1999.

SILVA, R. B. M.; FRANCELINO, M. R.; MOURA, P. A.; MOURA, T. A.; PEREIRA, M. G.; OLIVEIRA, C. P. **Relação solo/vegetação em ambiente de Cerrado sobre influência do grupo Urucua.** Ciência Florestal, Santa Maria, v. 25, n. 2, p. 1-11, 2015.

SOARES, D. J., TAVARES, T. M., BRASIL, I. M., FIGUEIREDO, R. W., SOUSA, P. H. M. **Processos oxidativos na fração lipídica de alimentos.** B. CEPPA, v. 30, n. 2, p.263-272, 2012.

SOYER, A., ÖZALP, B., DALMIS, Ü., & BILGIN, V. **Effects of freezing temperature and duration of frozen storage on lipid and protein oxidation in chicken meat.** Food Chemistry, 120(4), 1025–1030, 2010.

SURAI, P. F. **Natural Antioxidants and immunity.** In: Natural Antioxidants in avian Nutrition and reproduction. 1ed. Nottingham: Nottingham University Press, p. 511-545, 2002.

SURAI, P. F. **Natural Antioxidants in Poultry Nutrition: New Developments.** In: XVI EUROPEAN SYMPOSIUM ON POULTRY NUTRITION, 16., 2007, Strasbourg. Anais... Strasbourg: WPSA, p. 669-676, 2007.

TAJKARIMI M. M., IBRAHIM, S.A., CLIVER, D.O. **Antimicrobial herb and spice compounds in food.** Food Control, v.21, p.1199–1218, 2010.

TAKAHASHI O, & HIRAGA K. **Dose-response study of hemorrhagic death by dietary butylated hydroxy toluene (BHT) in male rats.** Toxicol. Appl. Pharmacol., New York, 43:399-406, 1978.

TEREVINTO, A. et al. **Oxidative status, in vitro iron-induced lipid oxidation and superoxide dismutase, catalase and glutathione peroxidase activities in rhea meat.** Meat Science, v.84, p.706-710, 2010.

TRABER, M. G., ATKINSON, J. **Vitamin E, antioxidant and nothing more.** Free Radicals Biology Medicine, v. 43, p. 4-15, 2007.

TRAESEL C.K, LOPES S.T.D.A, WOLKMER P, SCHIMIDT C, SANTURIO J.M, ALVES S.H. **Óleos essenciais como substituintes de antibióticos promotores de crescimento em frangos de corte: perfil de soroproteínas e peroxidação lipídica.** Ciência Rural, Santa Maria, v. 41, n.2, p. 278-284, 2011.

VELASCO, J. **Aplicación de antioxidantes naturales en productos cárnicos.** Carnectec, v.12, n.1, p.35-37, 2005.

WITSCHI H. & LOCK S. **Toxicity of butylated hydroxy toluene in mouse following oral administration.** Toxicology, Shannon, 9:137-46, 1978.

YANISHLIEVA-MASLAROVA, N.V. **Sources of natural antioxidants: vegetables, fruits, herbs, spices and teas.** In: POKORNY, J., YANISHLIEVA, N., GORDON, M. Antioxidants in Food: Practical Applications. 1st ed. Inglaterra: Woodhead Publishing, p. 210266, 2001.

YANISHLIEVA, N. V., & MARINOVA, E. M. **Stabilisation of edible oils with natural antioxidants.** European Journal of Lipid Science and Technology, 103(11), 752-767, 2001.

YEUM K.J, BERETTA G, KRINSKY N.I, RUSSELL R.M, ALDINI G. **Synergistic interactions of antioxidant nutrients in a biological model system.** Nutrition, 25(7), 839846, 2009.

XIONG, Y.L. **Protein oxidation and implications for muscle food quality.** In Decker, E.; Faustman C.; LOPEZ-BOTE, C. J. (Editores.). Antioxidants in muscle foods (p. 85-111). Chichester: Wiley, 2000.

XIONG, Y.L.; PARK, D.; OOIZUMI, T. **Variation in the cross-linking pattern of porcine myofibrillar protein exposed to three oxidative environments.** Journal of Agricultural and Food Chemistry, v.57, p.153-159, 2009.

ZHOU, G.H., XU, X.L., LIU, Y. **Preservation technologies for fresh meat – A review.** Meat Sci. v.86, p.119–128, 2010.

CAPÍTULO 2

ATIVIDADE ANTIOXIDANTE DOS EXTRATOS DE PLANTAS DO CERRADO ADICIONADOS À ALMÔNDEGAS DE CARNE DE FRANGO E AÇÃO ANTIMICROBIANA “IN VITRO”

RESUMO

Um dos maiores responsáveis pela depreciação da qualidade da carne é a oxidação, sendo responsável pela perda das características organolépticas e redução do tempo de prateleira da carne, em especial da carne de frango. Como uma forma de se evitar tal oxidação tem-se pesquisado o uso de antioxidantes naturais, como os compostos fenólicos, encontrados em vegetais e frutos. Por isso, este trabalho buscou avaliar o potencial antioxidante e antimicrobiano dos extratos de murici (*Byrsonima sp.*), pau-terra (*Qualea grandiflora*), mama cadela (*Brosimum gaudichaudii*) e pimenta de macaco (*Xylopia aromatica*) em almôndegas de carne do peito de frango armazenadas sob refrigeração e congelamento. A carne de peito de frango foi moída, adicionada de 0,5% de sal, homogeneizada e dividida em seis tratamentos após a adição de 0,5% dos antioxidantes naturais, sendo: controle negativo (CONT): sem extrato, controle positivo (BHT): adição de 150 ppm de BHT, murici (MU), pau-terra (PT), mama cadela (MC) e pimenta de macaco (PM). Foram confeccionadas almôndegas (25-30g), embaladas à vácuo e pré-cozidas em banho maria (100 °C) por 8 min, sendo reembaladas depois de resfriadas e armazenadas durante 8 dias (sob refrigeração) e 4 meses (sob congelamento). A progressão da oxidação lipídica foi feita através do método de TBARS antes e após o cozimento e nas amostras cozidas nos dias 0, 2, 4, 6, e 8 e nos meses 0, 1, 2, 3 e 4 de armazenamento. E pelo método de tióis para a oxidação proteica nos dias 0 e 8 e dos meses 0 e 4 de armazenamento. A análise estatística foi realizada utilizando o teste Tukey ao nível de 5% de significância usando TBARS e tióis como variáveis resposta. Para a atividade antimicrobiana foi realizado o teste de difusão em disco frente a *Salmonella*, *P. mirabilis* e *E. coli*. O extrato de murici apresentou atenuação frente aos três micro-organismos testados, sendo maior atenuação do crescimento bacteriano frente à *Salmonella*. Quanto à oxidação lipídica, a adição dos antioxidantes naturais ou BHT foi eficaz na proteção dos lipídios durante o cozimento, uma vez que os valores médios de TBARS foram estatisticamente menores ($P < 0,05$) em relação ao CONT. Ao final dos 8 dias de refrigeração, todos os tratamentos contendo adição de extratos de plantas foram eficientes ($P < 0,05$) em relação ao CONT, mas os extratos de murici e pau-terra apresentaram os

melhores resultados. No ensaio de armazenamento congelado, todos os extratos de plantas apresentaram atividade antioxidante na proteção dos lipídios, comparados ao CONT e ao BHT ($P < 0,05$). Os extratos de murici e pau-terra apresentaram uma maior proteção ($P < 0,05$) das proteínas em relação ao BHT, enquanto os extratos de mama cadela e pimenta de macaco apresentaram resultado semelhante ao do BHT, no ensaio de armazenamento refrigerado. Em conclusão, todos os extratos de plantas testados apresentaram proteção antioxidante dos lipídios e das proteínas, com destaque para os extratos de murici e pau-terra.

Palavras-chave: Antioxidante natural, murici, pau-terra, mama cadela, pimenta de macaco, TBARS, tióis, carne de frango

ABSTRACT

One of the main factors responsible for the depreciation of meat quality is oxidation, being responsible for the loss of organoleptic characteristics and reduction of the shelf life of meat, especially chicken meat. One way to avoid such oxidation, the use of natural antioxidants, such as phenolic compounds, found in vegetables and fruits has been researched. Therefore, this work sought to evaluate the antioxidant and antimicrobial potential of the extracts of murici (*Byrsonima* sp.), Pau-terra (*Qualea grandiflora*), mama cadela (*Brosimum gaudichaudii*) and pimento de macaco (*Xylopia aromatica*) in breast meatballs of chicken stored under refrigeration and freezing. The chicken breast meat was ground and added 0.5% salt, homogenized and divided into six treatments, being: negative control (CONT) with no extract, positive control (BHT) with addition of 150 ppm of BHT, murici (MU), pau-terra (PT), mama cadela (MC) and pimento de macaco (PM), with 0.5% of which one of the natural extracts. Meatballs (25-30g) were made, vacuum-packed and pre-cooked in a water bath (100 °C) for 8 minutes, repacked after being chilled and stored for 8 days (under refrigeration) and 4 months (under freezing). The progression of lipid oxidation was made using the TBARS method before and after cooking and in the samples cooked on days 0, 2, 4, 6, and 8 and on months 0, 1, 2, 3 and 4 of storage. The thiols method was used for protein oxidation on days 0 and 8 and months 0 and 4 of storage. Statistical analysis was performed using the Tukey test at the level of 5% significance, using TBARS and thiols as response variables. For the antimicrobial activity, the disk diffusion test was performed against *Salmonella*, *P. mirabilis* and *E. coli*. The murici extract showed attenuation against the three microorganisms tested, with greater attenuation of bacterial growth against *Salmonella*. As for lipid oxidation, the addition of natural antioxidants or BHT was effective in protecting lipids during cooking, since the mean TBARS values were statistically lower ($P < 0.05$) compared to CONT. At the end of the 8 days of refrigeration, all treatments containing plant extracts were efficient ($P < 0.05$) compared to CONT, but murici and pau-terra extracts showed the best results. In the frozen storage test, all plant extracts showed antioxidant activity in protecting lipids, compared to CONT and BHT ($P < 0.05$). The extracts of murici and pau-terra

showed a greater protection ($P < 0.05$) of the proteins compared to BHT, while the extracts of mama cadela and pimento de macaco presented a similar result to that of BHT, in the refrigerated storage test. In conclusion, all plant extracts tested showed antioxidant protection from lipids and proteins, especially murici and pau-terra extracts.

Keywords: Natural antioxidant, murici, pau-terra, mama cadela, pimenta de macaco, TBARS, thiols, chicken meat

1. INTRODUÇÃO

Um dos aspectos mais preocupantes na indústria da carne, além da contaminação microbiana, é a oxidação lipídica. Ela é responsável pela perda da qualidade da carne (Gray, Goma & Buckley, 1995), pela perda das características organolépticas, como alteração da cor e do odor, causando rejeição por parte do consumidor, e redução do tempo de prateleira da carne, além de ser responsável pela geração de produtos prejudiciais à saúde humana (Falowo, Fayemi & Muchenje, 2014).

Embora também possa ocorrer em lipídios saturados, a oxidação ocorre em sua maioridade em lipídios insaturados, que estão presentes em grande quantidade na carne de frangos e perus. O grau de deterioração depende de fatores como a presença de oxigênio, o grau de insaturação dos ácidos graxos, presença de metais, pigmentos heme, processos mecânicos e adição de sal (Devatkal, Narsaiah & Borah, 2010).

Já a oxidação proteica, embora também seja responsável por perdas na qualidade da carne, tem um menor destaque e poucos são os estudos comparados à oxidação dos lipídios (Lund et al., 2010). Os mecanismos de interação entre as proteínas musculares e os compostos fenólicos estão sendo recentemente estudados em detalhes (Estévez & Heinonen, 2010), carecendo de mais estudos do efeito de antioxidantes na proteção das proteínas.

Visando reduzir os efeitos da oxidação diversas técnicas, como o uso de embalagens a vácuo, com atmosfera controlada, uso de radiação, de baixas temperaturas e substâncias antioxidantes, têm sido empregadas (Milani et al., 2010). No caso das substâncias antioxidantes, elas podem ser adicionadas na dieta dos animais (Govaris et al., 2005), adicionadas direto na carne (Racanici et al., 2008), ou por meio de filmes de cobertura (Zhou et al., 2010).

Existem no mercado antioxidantes sintéticos, sendo os mais comuns: o hidroxitolueno butilado (BHT), hidroxianisol butilado (BHA), o butilhidroquinona terciário (TBHQ) e o propil galato (PG) (Bozkurt, 2006). Porém, sabe-se que os antioxidantes sintéticos podem ser prejudiciais à saúde (Mohamed et al., 2011), assim sendo, cada vez mais os consumidores têm optado por produtos mais

naturais, estimulando a busca por alternativas naturais aos antioxidantes usados pela indústria (Karre, Lopez & Getty, 2013).

Uma das principais alternativas às substâncias sintéticas são os compostos fenólicos, que podem ser encontrados em vegetais e frutos. São substâncias naturais com propriedades antioxidantes, com baixa toxicidade e alta atividade (Rockenbach et al., 2007).

Esses compostos fenólicos são encontrados em diversas plantas típicas do Cerrado brasileiro, que, devido à sua regionalização, são pouco exploradas comercialmente, mas tem grande potencial na área alimentícia (Caramori et al., 2004).

O objetivo deste estudo foi avaliar o potencial antioxidante de extratos de folhas de diferentes espécies de plantas do Cerrado brasileiro quando adicionadas a almôndegas de carne de peito de frango pré-cozidas e armazenadas sob refrigeração e congelamento. Além disso, avaliar também o potencial antimicrobiano *in vitro* dos mesmos extratos naturais.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi realizado no Laboratório de Nutrição Animal (LNA), na Fazenda Água Limpa (FAL) da Universidade de Brasília (UnB), localizada no núcleo rural Vargem Bonita, quadra 17 do Setor de Mansões Park Way, Brasília-DF.

2.1. Escolha das plantas e produção dos extratos

A escolha das plantas se baseou primeiramente nos resultados de pesquisas anteriores, uma vez que o murici (*Byrsonima sp.*) apresenta em sua composição química esteroides, triterpenos, flavonoides, dentre outros compostos (Bejar et al., 1995). O pau-terra (*Qualea grandiflora*) segundo Ayres et al. (2008), apresenta atividade antimicrobiana, devido à presença de compostos secundários com tais propriedades. A mama cadela (*Brosimum gaudichaudii*) apresenta propriedades medicinais, sendo usada na medicina popular (Almeida, 1998). E a pimenta de macaco (*Xylopia aromatica*) também é utilizada com fins medicinais, como vermífugo, diurético dentre outros (Almeida et al., 1998). Além disso, e devido à facilidade de acesso, essas foram as plantas escolhidas para o estudo.

A obtenção dos extratos alcoólicos foi realizada no Laboratório de química e bioquímica da União Pioneira de Integração Social (Upis) campus II, localizada na Fazenda Lagoa Bonita BR 020 Km 12, Planaltina-DF. As folhas de murici (*Byrsonima sp.*), pau-terra (*Qualea grandiflora*), mama cadela (*Brosimum gaudichaudii*) e pimenta de macaco (*Xylopia aromatica*) foram colhidas dos galhos de forma aleatória das plantas selecionadas nos arredores da faculdade, em outubro de 2018 (na primavera). Em seguida, foram secas em estufa ventilada à temperatura de 40°C por três dias. Após, as amostras foram moídas separadamente em moinho tipo faca, pesadas e adicionadas de etanol P.A., sendo então colocadas em agitador magnético por uma semana (maceração). Em seguida, os extratos foram filtrados e submetidos à evaporação durante 2 horas à $\pm 40^\circ \text{C}$.

2.2. Análise de fenólicos totais

A determinação da composição fenólica total foi realizada em triplicata nas amostras de extratos de cada uma das plantas utilizando o método espectrofotométrico de Folin-Ciocalteu, descrito por Singleton et al. (1999). As amostras dos extratos foram diluídas em água destilada na proporção de 1:10, depois foram misturadas em 1 ml de Folin-Reagente de Ciocalteu (Merck 9001, Darmstadt, Alemanha), 2 ml de solução carbonato de sódio a 20% e 2 ml de água destilada. A absorbância das amostras foi medida em comprimento de onda de 700 nm usando espectrofotômetro Quimis®.

2.3. Atividade antioxidante

A determinação da atividade sequestrante de radicais livres foi avaliada em triplicata nas amostras de extratos de murici, pau-terra, mama-cadela e pimenta-de-macaco com o uso do 2,2'-Azino-bis 3-etilbenzotiazolin-6-ácido sulfônico (ABTS), segundo o método de Rufino et al. (2007). Foram pipetados 30 µl de amostra com 3 ml de radical ABTS e após 6 minutos foi feita a leitura em espectrofotômetro (marca Quimis®) em 734 nm.

2.4. Atividade antimicrobiana dos extratos

A avaliação da atividade antimicrobiana dos extratos foi realizada através do teste de difusão em disco, segundo o *National Committee for Clinical Laboratory Standards* (NCCLS). Os discos receberam 10 µl dos diferentes extratos (murici, pau-terra, mama cadela e pimenta de macaco) na diluição de 1:10, incluindo um controle negativo (solução salina).

Foram utilizadas cepas de *Salmonella*, *Escherichia coli* e *Proteus mirabilis* previamente isoladas e identificadas. Com o auxílio de swab estéril, as bactérias foram semeadas uniformemente por toda a superfície da placa de ágar Mueller-Hinton, sendo então adicionados 5 discos dos diferentes tratamentos em

cada placa, em triplicata. As placas então foram invertidas e incubadas a 36 °C por 24 horas. Os diâmetros do halo de inibição foram mesurados em milímetros, e considerou-se como halo de inibição a área sem crescimento bacteriano visível a olho nu. O resultado final de cada extrato foi obtido pela média das 5 repetições, considerando-se sensível halos com diâmetro igual ou superior a 10 mm (NCCLS).

2.5. Amostras de carne de peito de frango e tratamentos experimentais

A carne de peito de frango da linhagem Cobb (cerca de 3,2 kg) foi obtida através de doação da Universidade Federal do Goiás (UFG), desossada, armazenada à vácuo e congelada até o início do ensaio de armazenamento refrigerado no Laboratório de Nutrição Animal da UnB. Para o ensaio de armazenamento congelado, cerca de 2,6 kg de carne de peito de frango desossada foi adquirida em supermercado local (Brasília/DF) e utilizada sem congelamento prévio.

Para a preparação das almôndegas, a carne do peito foi moída em processador de alimentos doméstico e acrescentada de 0,5% de cloreto de sódio (sal de cozinha), em seguida homogeneizada manualmente. Na sequência, a carne foi então dividida em seis porções iguais para a aplicação dos tratamentos experimentais, sendo as sobras embaladas à vácuo e armazenadas sob congelamento para posterior análise da composição centesimal. Como os extratos foram aplicados na forma líquida, o tratamento CONT (controle negativo) recebeu o mesmo peso em água miliQ. Os tratamentos foram compostos de:

- CONT: controle negativo, sem adição de antioxidantes (somente água miliQ);
- BHT: controle positivo, carne de peito de frango com adição de 0,015% do antioxidante sintético BHT;
- MU: carne de peito de frango adicionada de 0,5% de extrato alcoólico de murici;
- PT: carne de peito de frango adicionada de 0,5% de extrato alcoólico de pau-terra;

- MC: carne de peito de frango adicionada de 0,5% de extrato alcoólico de mama-cadela;
- PM: carne de peito de frango adicionada de 0,5% de extrato alcoólico de pimenta-de-macaco.

2.6. Preparação das almôndegas de carne e ensaios de armazenamento

Após a homogeneização da carne de frango moída com os respectivos tratamentos, foram feitas almôndegas de aproximadamente 25 g ($\pm 0,5$ g) para o ensaio refrigerado, e 20g ($\pm 0,5$ g) para o ensaio congelado, sendo em seguida embaladas a vácuo e pré-cozidas em banho-maria a 100° C por 8 minutos, e logo depois resfriadas em banho de gelo.

Cerca de 20 almôndegas de cada tratamento foram embaladas duas a duas, em sacos permeável ao oxigênio previamente identificados, e armazenadas sob resfriamento em câmara fria a $4 \pm 1^{\circ}$ C durante 8 dias. Para o ensaio congelado, foram cerca de 18 almôndegas por tratamento também embaladas duas a duas, em sacos permeável ao oxigênio previamente identificados, e armazenados sob congelamento a uma temperatura média de -12° C por 120 dias (4 meses).

2.7. Caracterização química da carne

Para a determinação da composição centesimal da carne do peito crua foram analisadas umidade (UM, %), cinzas (CZ, %) e teor de proteína bruta (PB, %), em triplicata nas amostras de carne.

Cinzas foram determinadas por combustão total da matéria orgânica em forno tipo mufla a 600°C por 4 horas, conforme descrito por AOAC (1990). As determinações de PB foram efetuadas pela determinação do nitrogênio total segundo o método de Kjeldahl (AOAC, 1990). Os resultados foram expressos em porcentagem (%) na matéria natural.

A umidade foi calculada a partir da matéria seca (MS), obtida em estufa a 105°C, conforme descrito por AOAC (1990), segundo o cálculo:

UM = 100% - % MS.

2.8. Determinação da oxidação lipídica

O desenvolvimento da oxidação lipídica durante o tratamento térmico foi analisado, em duplicata, na carne crua adicionada dos tratamentos e logo após o cozimento em banho maria através da quantificação dos compostos secundários de oxidação lipídica (malonaldeídos) pelo método de Thiobarbituric acid reactive substances (TBARS), segundo Madsen et al. (1998).

Além disso, duas almôndegas pré-cozidas por tratamento foram coletadas aleatoriamente durante o ensaio de armazenamento refrigerado nos dias 0, 2, 4, 6 e 8, e aos meses 0, 1, 2, 3 e 4 do ensaio de armazenamento congelado para a análise de TBARS, em duplicata.

Para cada almôndega foram pesadas 5 g ($\pm 0,05$ g) em duplicata em tubo tipo falcon de 50 ml e adicionados 15 ml de solução de tricloroacético 7,5% + propil galato 0,1% + EDTA 0,1%. Em seguida, as amostras foram homogeneizadas em misturador tipo Ultra Turax (marca IKA) e filtradas em papel filtro comum.

Após a filtragem, foi pipetada uma alíquota de 5 ml do filtrado em tubo tipo falcon de 15 ml com tampa e adicionados 5 ml de solução TBA (0,002M) diluída em água miliQ. Em seguida, as amostras foram levadas a banho-maria a 100°C por 40 minutos para a formação do composto cromóforo. Após, as amostras foram resfriadas em banho de gelo por cerca de 20 minutos. Em seguida, foi realizada a leitura da absorbância usando um espectrofotômetro da marca GEHAKA (modelo UV-340G) nos comprimentos de onda de 532 e 600 nm.

O valor de TBARS foi calculado a partir de uma curva padrão construída a partir do padrão TEP e expresso em $\mu\text{m MDA/kg}$ de carne.

2.9. Determinação da oxidação proteica

O grau de oxidação proteica foi determinado pelo método descrito por Jongberg et al. (2011), através da quantificação dos grupos proteicos tióis nos dias

0 e 8 do ensaio de armazenamento refrigerado, e nos meses 0 e 4 do ensaio de armazenamento congelado.

Resumidamente, foram pesadas 0,5 g das almôndegas de cada tratamento em triplicata, e adicionado 12,5 ml do tampão SDS a 5,0%, dissolvido no tampão Tris (0,1 M e pH 8,00). Em seguida, foram homogeneizadas em Turax (marca IKA) e levadas a banho maria a 80° C por 30 minutos. As amostras foram então centrifugadas por 20 minutos e filtradas em papel filtro comum. Em seguida foi feita a leitura em espectrofotômetro (marca GEHAKA, modelo UV-340G) nos comprimentos de onda de 280 e 412 nm.

O valor de tióis foi calculado a partir de uma curva padrão de cisteína e expresso em $\mu\text{m}/\text{mg}$ de carne.

2.10. Análise estatística

Para os ensaios de armazenamento, os fatores experimentais (tratamentos e tempo de armazenamento), bem como a interação desses fatores foram analisadas considerando um delineamento inteiramente casualizado para a análise de variância e as médias foram desdobradas utilizando o teste Tukey ao nível de 5% de significância, usando o PROC GLM do SAS® e TBARS e tióis como variáveis resposta.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Caracterização química da carne

Tendo em vista que os extratos foram adicionados diretamente à carne de frango, e não à alimentação das aves, não houve necessidade da realização da caracterização química de cada tratamento em separado, uma vez que não se espera que os extratos tenham efeito nessas características.

Os valores médios da caracterização química da carne do peito de frangos estão apresentados na Tabela 1. Os valores de proteína bruta (PB) obtidos (26,15 e 27,16%) encontram-se elevados comparados aos dados da Tabela Brasileira de Composição de Alimentos (TACO), cujos valores são de 21,5% PB. Da mesma forma, os valores de cinzas (CZ) obtidos foram 1,56 e 1,54%, são superiores aos encontrados na TACO (1,0% CZ). Em contrapartida, os valores de UM encontrados (68,27 e 71,12%) são inferiores aos valores apresentados (73,81%) por Torres et al. (2000).

Tabela 1: Valores médios de teor de umidade (UM), cinzas (CZ), proteína bruta (PB) apresentados em porcentagem da matéria natural (MN)

Ensaio	UM (%)	CZ (%)	PB (%)
refrigerado	68,27±0,77	1,56 ±0,04	26,15 ±1,31
congelado	71,12±0,83	1,54 ±0,12	27,16 ±0,73

3.2 Análise de fenólicos totais

A quantificação dos compostos fenólicos totais dos extratos de murici, pau-terra, mama cadela e pimenta de macaco estão descritos na Tabela 2.

Tabela 2: Concentração de fenólicos totais dos extratos alcoólicos de murici (MU), pau-terra (PT), mama cadela (MC) e pimenta de macaco (PM)

Extratos	Fenólicos Totais (mg EAG/g)
MU	258,50 ^c ±0,05
PT	482,35 ^b ±0,02
MC	769,12 ^a ±0,02
PM	135,08 ^d ±0,02

^{a,b,c} Médias com letras distintas são estatisticamente ($P < 0,05$) diferentes pelo teste de Tukey

Neste experimento, o extrato produzido a partir das folhas de murici apresentou maior teor de fenólicos totais (258,50 mg EAG/g) em relação ao encontrado por Mendes (2017) em frutos de murici em início de desenvolvimento, com um teor médio de compostos fenólicos totais de 244,83 mg EAG/100 g, mas inferior à 334 mg EAG/100g, descrito por Souza et al. (2012).

O extrato de folhas de pau-terra apresentou uma concentração de 482,35 mg EAG/g de extrato, enquanto que Lima Neto et al. (2014) relataram teor de flavonoides de 260,5mg/g para o extrato de folhas de pau-terra.

Dentre os extratos avaliados, o extrato de folhas de mama cadela apresentou o maior ($P < 0,05$) teor de compostos fenólicos totais (769,12 mg EAG/g), enquanto Land et al. (2017) relataram uma média de compostos fenólicos de 46,47 mgEAG/100g para o fruto de mama cadela *in natura*. Já o estudo de Rocha (2011) relatou uma média de 20,73 mg EAG/100g para o fruto de mama cadela.

O extrato das folhas de pimenta de macaco apresentou média de 135,08 mg EAG/g, abaixo do encontrado por Mendes (2014), utilizando extrato do fruto de pimenta de macaco (358,2 mg EAG/g).

A divergência entre os valores deste estudo e os encontrados na literatura se deve à parte da planta utilizada na produção dos extratos, mas pode ter influência também de outros fatores como a época do ano na colheita, estresse hídrico sofrido pela planta, o processo de extração e se houve exposição da planta à luz, fatores que alteram a produção dos compostos fenólicos pelas plantas (Melo et al., 2008; Velasco, 2005).

3.3 Análise de ABTS

As médias da atividade antioxidante *in vitro* encontradas para os extratos alcoólicos de murici, pau-terra, mama cadela e pimenta de macaco estão descritas na Tabela 3.

Tabela 3: Atividade antioxidante média para os extratos alcoólicos de murici (MU), pau-terra (PT), mama cadela (MC) e pimenta de macaco (PM) utilizados neste estudo

Extratos	ABTS ($\mu\text{M Trolox/g}$)
MU	38,95 ^{bc} ±46,67
PT	36,43 ^c ±81,93
MC	47,18 ^b ±64,97
PM	61,15 ^a ±89,42

^{a,b,c} Médias com letras distintas são estatisticamente diferentes pelo teste de Tukey ($p < 0,05$)

Embora o extrato de pimenta de macaco (PM) tenha apresentado a menor concentração de fenólicos totais (135,08 mg EAG/g, Tabela 2), este apresentou o maior valor ($P < 0,05$) de ABTS com relação aos demais extratos (61,15 μM Trolox/g), enquanto o extrato de murici foi estatisticamente igual ($P > 0,05$) aos extratos de pau-terra e mama cadela, que diferiram estatisticamente ($P < 0,05$) entre si.

Neste trabalho, o extrato de folhas de murici apresentou uma atividade antioxidante de 38,95 μM Trolox/g, resultado superior ao encontrado por Morais et al. (2013), que utilizaram polpa de murici e relataram uma atividade antioxidante de 15,63 μM Trolox/g.

Porém, a comparação da atividade antioxidante encontrada nesse estudo para os demais extratos com a literatura se faz muito difícil, uma vez que são poucos os trabalhos publicados e, quando há dados, estes foram obtidos utilizando diferentes metodologias ou ainda são apresentados em diferentes unidades.

3.4 Atividade antimicrobiana

Os resultados da atividade antimicrobiana pelo teste de difusão em disco dos extratos frente à *Salmonella*, *Escherichia coli* e ao *Proteus mirabilis* estão apresentados na Tabela 4.

Tabela 4: Resultados médios da atividade antimicrobiana dos diferentes extratos de murici (MU), pau-terra (PT), mama cadela (MC) e pimenta de macaco (PM) frente à *E.coli*, ao *Proteus mirabilis* e a *Salmonella*

Extratos	Halo de inibição (mm)		
	<i>Salmonella</i>	<i>P. mirabilis</i>	<i>E coli</i>
MU	9,0	7,8	8,0
PT	5,0	5,0	8,4
MC	5,0	5,0	5,0
PM	5,0	5,0	5,0

A partir dos resultados podemos verificar que, frente aos microrganismos utilizados no experimento, o extrato de mama cadela e pimenta de macaco não

apresentaram poder de inibição do crescimento bacteriano significativo, uma vez que os halos de inibição foram menores que 10 mm, que de acordo com o critério de avaliação preconizado pelo NCCLS, não são considerados susceptíveis frente ao antimicrobiano avaliado. Já o extrato de pau-terra, apresentou uma certa atenuação frente à *E. coli*, apesar de ainda não poder ser considerado susceptível (halo de 8,4 mm). O mesmo ocorreu com o extrato de murici frente aos três micro-organismos testados, sendo que com relação à *Salmonella*, ele apresentou uma maior atenuação do crescimento bacteriano (9,0 mm), embora ainda não o suficiente para que ela seja considerada susceptível ao extrato de murici. Portanto, dentre os extratos utilizados neste estudo, o extrato de folhas de murici mostrou um potencial antimicrobiano maior que os demais.

Segundo Costa et al. (2017), utilizando diferentes concentrações de erva-mate frente à *E. coli* e ao *P. mirabilis*, quanto maior foi a concentração do extrato utilizado, maior foi o halo de inibição obtido, sendo a maior concentração usada em seu estudo a do extrato puro. E, de acordo com Kim et al. (2013), avaliando extratos vegetais de *Pimpinella brachycarpa* e *Aralia elata in vitro* e em carnes, não constatou diferença significativa entre as amostras com e sem extratos sobre as bactérias mesofílicas totais.

Segundo Franczak et al. (2019), estudando a atividade antibacteriana de extratos etanólicos do caule e folha de pau-terra, observaram que os extratos concentrados da casca e da folha apresentaram inibição frente a bactérias gram-positivas e gram-negativas, com destaque para os resultados do extrato obtido da folha de pau-terra, similar ao encontrado neste estudo.

Por outro lado, diferente desse estudo, Mendes (2014) relatou que, tanto o extrato metanólico como o óleo essencial de pimenta de macaco, apresentaram atividade antibacteriana frente à *S. aureus*, *E. cloacae* e *B. cereus*. Ainda, segundo Michelin et al. (2008), os extratos metanólicos de murici apresentaram poder de inibição *in vitro* frente a diferentes microrganismos, como *Staphylococcus epidermidis*, *Salmonella* e *Proteus mirabilis*.

Diferenças entre os resultados obtidos neste estudo e os apresentados na literatura podem ocorrer devida à parte da planta que foi utilizada para a elaboração do extrato, ao método de obtenção do extrato, a época de colheita, a

exposição da planta ao sol ou ainda aspectos relacionados às cepas utilizadas, que podem se apresentar mais sensíveis ou resistentes (De Biasi et al., 2009).

3.5 Oxidação lipídica

A Figura 10 apresenta os valores médios de TBARS ($\mu\text{mol MDA/kg}$) das almôndegas de carne de peito de frangos cruas e após o tratamento térmico, antes do ensaio de armazenamento.

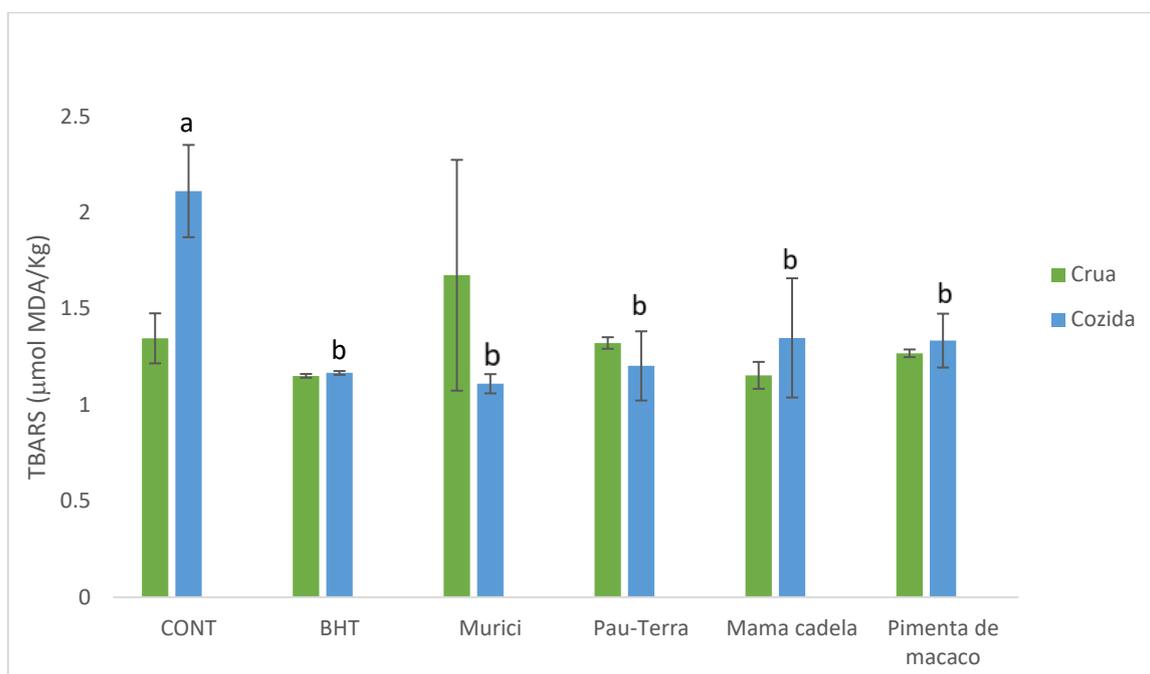


Figura 10: Valores médios de TBARS ($\mu\text{mol MDA/kg}$) em almôndegas de carne do peito de frangos antes (cruas) e após tratamento térmico (cozidas). ^{a,b,c} Médias com letras distintas são estatisticamente ($P < 0,05$) diferentes pelo teste de Tukey.

Com relação à carne crua, não foi detectada diferença ($P > 0,05$) entre os tratamentos, o que era esperado, uma vez que a carne foi analisada logo após a incorporação dos respectivos tratamentos (Tabela 5). Porém, com relação à carne pré-cozida podemos observar diferença estatística ($P < 0,05$) entre o controle (sem adição de extrato ou antioxidante sintético) e os demais tratamentos.

O aumento dos valores de TBARS do tratamento CONT após o tratamento térmico, em comparação com as amostras cruas é esperado, uma vez

que o calor desnatura proteínas e age na membrana celular alterando sua permeabilidade e facilitando a interação dos agentes oxidantes com os ácidos graxos da membrana celular (Lima Junior et al., 2013). Além disso, segundo Mariutti & Bragagnolo (2009), o cozimento afeta o teor de lipídios totais devido à perda de água, aumentando em cerca de 2 a 3 vezes na carne cozida em comparação com a carne crua.

Ainda, os resultados demonstram que todos os antioxidantes testados (naturais ou sintético BHT) tiveram efeito positivo na proteção dos lipídios frente à oxidação provocada pelo cozimento. No entanto, não foi detectada diferença significativa ($P>0,05$) entre os antioxidantes aplicados, sendo todos eficazes.

Os valores médios de concentração de malonaldeídos (MDA) por Kg de carne do peito de frangos durante o período de armazenamento refrigerado estão apresentados na Tabela 6 e na Figura 11.

Tabela 6: Valores médios de TBARS ($\mu\text{mol MDA/kg}$) em almôndegas de carne do peito de frangos adicionadas de extratos e armazenadas sob refrigeração

Trat.	Armazenamento refrigerado (dias)				
	0	2	4	6	8
CONT	2,11 ^a ±0,24	26,15 ^a ±1,06	43,72 ^a ±7,14	65,27 ^a ±4,0	74,35 ^a ±8,20
BHT	1,17 ^a ±0,01	4,73 ^{bc} ±1,25	7,44 ^c ±1,48	7,91 ^c ±1,34	8,65 ^c ±0,25
MU	1,11 ^a ±0,05	1,02 ^c ±0,08	1,11 ^c ±0,1	1,10 ^d ±0,19	1,31 ^d ±0,22
PT	1,20 ^a ±0,18	1,25 ^c ±0,24	1,35 ^c ±0,16	2,18 ^{cd} ±0,64	1,91 ^d ±0,36
MC	1,35 ^a ±0,31	2,24 ^c ±0,56	4,03 ^c ±0,32	3,96 ^{cd} ±0,80	7,05 ^{cd} ±0,61
PM	1,33 ^a ±0,14	10,27 ^b ±0,66	17,11 ^b ±1,05	22,45 ^b ±4,37	32,01 ^b ±1,48

^{a,b,c} Médias com letras distintas são estatisticamente ($P<0,05$) diferentes pelo teste de Tukey.

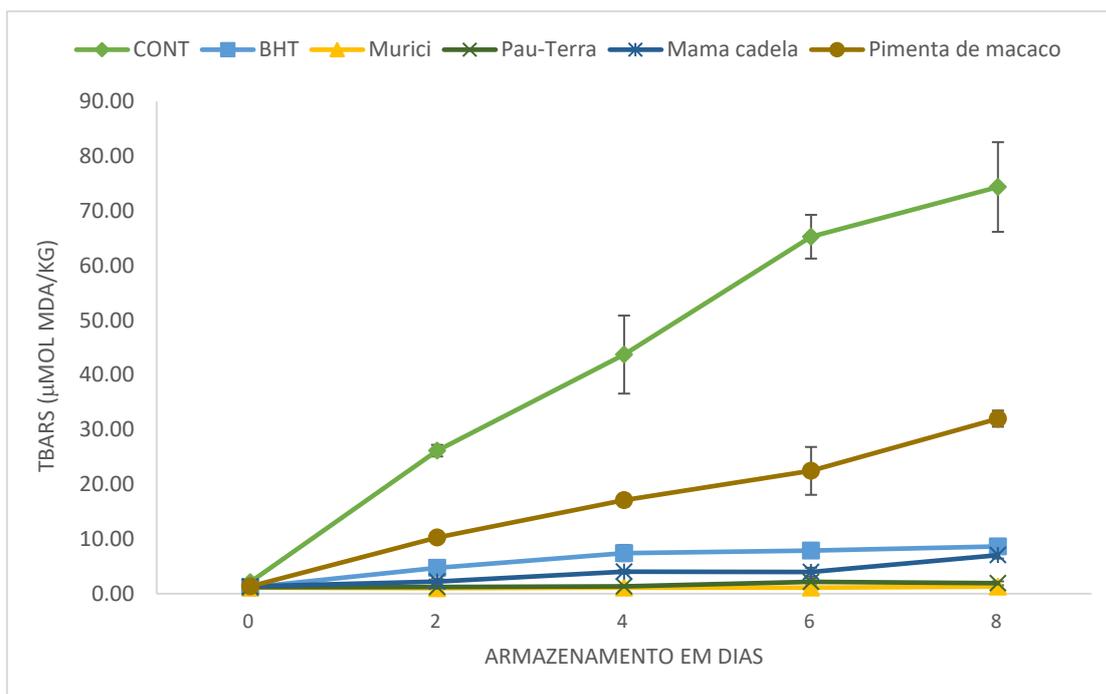


Figura 11: Valores médios de TBARS ($\mu\text{mol MDA/kg}$) em almôndegas de carne do peito de frangos armazenados sob refrigeração

Os valores de TBARS foram avaliados durante os dias 0, 2, 4, 6 e 8 de armazenamento refrigerado com o objetivo de monitorar a formação dos compostos secundários da oxidação lipídica. A partir do dia 2 de armazenamento foram detectadas diferenças significativas ($P < 0,05$) entre o controle e os demais tratamentos, sendo que CONT apresenta uma tendência de apresentar valores cada vez maiores com o passar do tempo, como esperado.

No segundo dia de armazenamento, o extrato de pimenta de macaco adicionado às almôndegas reduziu significativamente ($P < 0,05$) os valores de TBARS em relação ao CONT e demais extratos, sendo o menos eficiente na proteção dos lipídeos com resultado semelhante ($P > 0,05$) ao antioxidante sintético BHT. O BHT, por sua vez, mostrou resultados semelhantes ($P > 0,05$) à todos os demais extratos. O resultado similar da PM e do BHT evidencia o potencial antioxidante dos extratos de plantas como aditivos nos alimentos, sugerindo possíveis substitutos ao uso de antioxidantes sintéticos.

Os extratos de murici, pau-terra e mama cadela apresentaram resultados semelhantes ($P > 0,05$) aos do BHT no dia 4 de armazenamento, o que também é um resultado promissor. A partir do dia 4, o extrato de pimenta de macaco

continuou mostrando resultados de TBARS superiores aos dos demais extratos, e também ao do BHT, porém, continuou eficiente em relação ao controle ($P < 0,05$).

A partir do dia 6 até o final do ensaio, o extrato de murici apresentou os melhores resultados, juntamente com o extrato de pau-terra, enquanto o tratamento com mama cadela apresentou resultados semelhantes ao BHT. Os dados demonstraram ao final do experimento que, dentre os extratos utilizados, os mais eficientes foram os de murici e pau-terra, sendo mais eficientes que o antioxidante sintético.

Siqueira et al. (2013) descobriram que frutos típicos do Cerrado como o araticum, a cagaita, o cajuzinho, a mangaba, a lobeira, a jurubeba e o tucum são fontes de compostos antioxidantes, podendo o seu consumo atuar no organismo humano como uma proteção frente ao dano oxidativo. Segundo Morzelle et al. (2015), o fruto de murici apresenta um grande potencial antioxidante, 56 mg DPPH/g. E Morais et al. (2013), consideraram o murici uma fonte potencial de antioxidantes naturais em seu estudo *in vitro* juntamente com outras frutas do Cerrado.

Em outro ensaio com plantas do Cerrado, inclusive o pau-terra, Lima Neto et al. (2014) verificaram que todas as plantas apresentaram uma significativa atividade sequestrante de radical, e concluíram que elas possuem capacidade antioxidante a partir dos resultados *in vitro*. Land et al. (2017) relataram que a mama cadela obteve destaque com relação aos resultados de compostos fenólicos. De acordo com Mendes (2014), a pimenta de macaco apresentou uma atividade antioxidante *in vitro* interessante comparada às substâncias de referência usadas no estudo.

De acordo com Roesler et al. (2007), que estudaram o araticum, lobeira, cagaita e pequi, os maiores resultados de frações de compostos fenólicos foram resultantes da extração etanólica das sementes e das cascas, e os menores foram obtidos das polpas das frutas, sendo que o maior valor foi da casca de pequi, com 209,37 g GAE/kg. Ainda segundo Roesler et al. (2007), os extratos também demonstraram boa capacidade sequestrante de radicais livres, sendo o melhor resultado também atribuído a casca de pequi.

Vale ressaltar que todas as plantas utilizadas neste estudo apresentaram valores de atividade antioxidante (ABTS, Tabela 3)

significativamente diferentes ($p < 0,05$), porém não houve relação direta com os valores de TBARS encontrados, uma vez que, apesar de o extrato de mama cadela ter os maiores valores de compostos fenólicos, sua ação antioxidante não foi considerada superior comparada com os extratos de murici e pau-terra. E o extrato de pimenta de macaco, apesar de apresentar os menores valores de compostos fenólicos, ainda foi capaz de proteger os lipídeos em comparação ao CONT.

Resumidamente, neste estudo, dentre os tratamentos aplicados, o que apresentou um melhor desempenho na proteção dos lipídios durante o armazenamento refrigerado foi o extrato de murici, seguido pelo de pau-terra, mama cadela, pelo antioxidante sintético BHT, e pelo extrato de pimenta de macaco, que, embora tenha protegido os lipídios em relação ao controle, apresentou um desempenho inferior aos demais ao final do ensaio.

Embora haja relatos do uso de extratos de plantas adicionados à carne com o intuito de se preservar os lipídios frente aos danos oxidativos, nunca foi relatado na literatura o uso de extratos de plantas do Cerrado adicionados em carne de frango. Este fato torna difícil a comparação dos resultados obtidos, além disso, não há consenso sobre a melhor dosagem a ser utilizada.

Amador (2015), utilizando extrato de goiaba em diferentes concentrações descreveu uma melhor proteção da carne de frango com o uso de extrato de goiaba a 0,5% comparada ao BHT nos dias 6 e 8 de armazenamento. Já Costa et al. (2017), utilizando extrato de erva-mate em diferentes concentrações descreveu que as maiores concentrações de erva-mate (0,2 e 0,15%) ofereceram melhor proteção dos lipídios que as menores concentrações. Segundo Shirahigue (2008), utilizando extrato de semente e casca de uva com altos teores de compostos fenólicos e atividade antioxidante *in vitro* em diferentes concentrações em carne de frango processada em dois tipos de embalagens, obtiveram valores de TBARS menores com as maiores concentrações e uso de BHT.

Embora todos os extratos de plantas utilizados neste estudo tenham protegido os lipídios da oxidação comparado ao controle, talvez seja interessante um novo estudo dessas mesmas plantas em concentrações menores, buscando as menores concentrações possíveis e visando minimizar os riscos de interferência na cor e no sabor do produto.

Ferreira et al. (2011), verificou que o extrato de erva-mate na concentração de 0,1% apresentou uma boa atividade antioxidante em hambúrgueres de carne bovina, sem alterar suas características sensoriais. E Racanicci et al. (2009), analisando extrato aquoso de erva-mate, nas concentrações de 0,05 e 0,1% em carne de frango e verificaram que não houve diferença sensorial quanto ao sabor para ambos os níveis de adição em relação ao controle, já com relação ao odor houve diferença entre o controle e o uso de extrato a 0,1%. No mesmo trabalho, com a adição de folhas secas de mate á carne, houve diferença entre o controle e o maior nível de adição (0,1%) com relação ao sabor e ao odor.

A Tabela 7 e a Figura 12 demonstram os valores médios de concentração de malonaldeídos (MDA) por kg de carne do peito de frangos durante o ensaio de armazenamento congelado.

Tabela 7: Valores médios de TBARS ($\mu\text{mol MDA/kg}$) em almôndegas de carne do peito de frangos adicionadas de extratos durante armazenamento congelado

Trat.	Armazenamento congelado (meses)				
	0	1	2	3	4
CONT	0,83 ^a ±0,045	4,49 ^a ±0,64	4,47 ^a ±15,64	3,99 ^a ±0,36	4,36 ^a ±0,68
BHT	0,96 ^a ±0,16	2,34 ^b ±0,42	2,39 ^b ±19,99	2,03 ^b ±0,09	1,90 ^b ±0,38
MU	0,79 ^a ±0,15	0,73 ^c ±0,26	0,66 ^c ±16,32	0,81 ^c ±0,19	0,58 ^c ±0,09
PT	0,91 ^a ±0,07	0,85 ^c ±0,13	0,75 ^c ±7,81	0,76 ^c ±0,08	0,70 ^c ±0,08
MC	1,13 ^a ±0,20	1,32 ^c ±0,08	1,36 ^c ±13,01	1,49 ^c ±0,24	1,27 ^c ±0,18
PM	0,93 ^a ±0,03	1,34 ^c ±0,07	1,38 ^c ±4,59	1,21 ^c ±0,13	1,30 ^c ±0,19

^{a,b,c} Médias com letras diferentes na mesma coluna diferem estatisticamente pelo teste de

Tukey ($P < 0,05$)

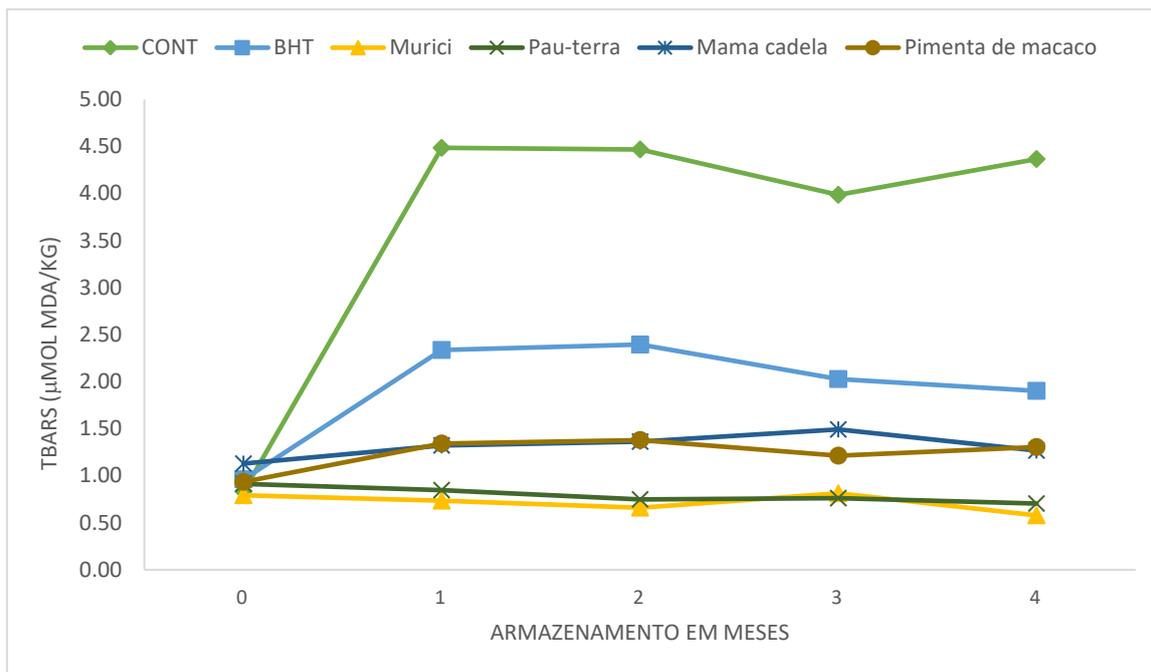


Figura 12: Valores médios de TBARS ($\mu\text{M MDA/kg}$) em almôndegas de carne do peito de frangos durante armazenamento congelado

Os resultados acima demonstram que do mês 0 ao mês 1 o controle apresentou um grande aumento nos valores de TBARS, mas a partir do mês 1 houve uma estabilização com uma leve tendência à redução. O decréscimo dos valores de TBARS com o decorrer do tempo de armazenamento congelado foi relatado por outros autores, e tem sido atribuído ao fato do malonaldeído, produto secundário da oxidação mensurado pelo método de TBARS, ter a capacidade de se combinar com outros componentes químicos, como as proteínas durante o armazenamento prolongado, levando a uma subestimação do valor de TBARS (Shamberger et al., 1977).

De uma forma geral, em comparação com os demais tratamentos nota-se que a adição dos antioxidantes, seja na forma de extratos de plantas, quanto do antioxidante sintético, foram eficientes na proteção dos lipídios, em comparação ao controle, o que reforça a importância do uso de produtos antioxidantes para a preservação dos lipídios.

No decorrer dos meses até o final dos 4 meses de armazenamento, todos os extratos apresentaram diferença estatística significativa ($P < 0,05$), reduzindo os valores de TBARS com relação ao controle e ao BHT, porém não

diferiram ($P>0,05$) entre si, o que significa que MU, PT, MC e PM tem potencial de proteção antioxidante.

Outros autores também obtiveram resultados positivos na prevenção da oxidação lipídica em carne de frango congelada por 3 meses (Freitas et al., 2015) com o uso de diferentes níveis de extrato de semente e casca de manga; e também com o uso de extrato de orégano (Cestari et al., 2014).

Por outro lado, o uso de 0,8% de extrato de goiaba em bolas de carne de frango armazenadas sob congelamento por um período de 3 meses não produziu melhores resultados que o uso de BHT (Norhidayah et al., 2012).

Neste estudo, em comparação com o ensaio refrigerado, o uso dos extratos naturais de murici, pau terra, mama cadela e pimenta de macaco foi mais eficiente no ensaio congelado que no ensaio refrigerado, inclusive superando os resultados obtidos pelo antioxidante sintético BHT. Isso pode ser devido ao fato de temperaturas de armazenamento mais baixas resultarem em proteção adicional aos lipídios (Adams, 1999).

3.6 Oxidação proteica

A Tabela 8 demonstra os valores médios de tióis nas almôndegas de carne do peito de frangos durante o ensaio de armazenamento refrigerado, no dia 0 e dia 8.

Tabela 8: Valores médios de tióis ($\mu\text{m}/\text{mg}$) em almôndegas de carne do peito de frangos adicionadas dos tratamentos e armazenadas sob refrigeração

Tratamentos	Armazenamento refrigerado (dias)	
	0	8
CONT	7,43 ^c \pm 0,26	15,55 ^{ab} \pm 1,66
BHT	10,55 ^{bc} \pm 0,58	14,93 ^b \pm 0,94
MU	13,81 ^{ab} \pm 1,66	18,79 ^a \pm 0,78
PT	17,27 ^a \pm 0,38	18,51 ^a \pm 1,74
MC	14,15 ^{ab} \pm 0,83	16,56 ^{ab} \pm 0,56
PM	11,91 ^b \pm 0,60	14,15 ^b \pm 1,30

^{a,b,c} Médias com letras diferentes na mesma coluna diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($P<0,05$)

Ao contrário dos valores de TBARS, altos valores de tióis indicam menor oxidação das proteínas e, conseqüentemente, maior proteção dessas. De acordo com os dados descritos na Tabela 7, os extratos de murici e pau-terra apresentaram uma maior proteção ($P < 0,05$) das proteínas em relação ao BHT, sendo o melhor resultado, numericamente, o do extrato de murici. Enquanto os extratos de mama cadela e pimenta de macaco apresentaram resultado semelhante ($P > 0,05$) ao do BHT.

Carece na literatura de relatos do uso de plantas do Cerrado em produtos cárneos com a finalidade de prevenir ou reduzir a oxidação lipídica e também proteica, restando então a comparação com estudos usando outras fontes vegetais.

No estudo de Vuorela et al. (2005), os extratos de casca de pinheiro e colza se mostraram excelentes antioxidantes para a carne de porco frente a oxidação proteica, com um poder de inibição de 42 a 64%. O estudo de Gallo et al. (2012), também relatou proteção frente a oxidação proteica e lipídica da carne de frango com o uso de extratos de *Echinacea angustifolia*, uma planta típica norte-americana comumente usada por tribos indígenas.

A Tabela 9 demonstra os valores médios de tióis em almôndegas de carne do peito de frangos durante o ensaio de armazenamento congelado, no mês 0 e mês 4. Embora o extrato de mama cadela tenha apresentado maior valor numérico de tióis ao final dos 4 meses de armazenamento, não foi detectada diferença significativa ($P > 0,05$) entre os tratamentos.

Tabela 9: Valores médios de tióis ($\mu\text{m}/\text{mg}$) em almôndegas de carne do peito de frangos durante armazenamento congelado

Tratamento	Armazenamento congelado (meses)	
	0	4
CONT	22,43 \pm 1,38	22,93 \pm 1,97
BHT	23,58 \pm 0,26	22,68 \pm 2,50
MU	20,04 \pm 1,43	21,79 \pm 1,36
PT	20,45 \pm 0,60	22,71 \pm 1,21
MC	19,63 \pm 0,66	23,16 \pm 0,75
PM	18,82 \pm 1,1	18,68 \pm 3,20

Soyer et al. (2010), usando carne da coxa e peito de frango armazenada sob congelamento em três diferentes temperaturas por 6 meses, relatou que a duração de tempo de armazenamento congelado teve um forte impacto na oxidação proteica. Seus resultados mostraram uma queda de 38,82 para 13,26 $\mu\text{mol}/\text{mg}$ na carne da coxa, e 27,62 para 18,29 $\mu\text{mol}/\text{mg}$ na carne do peito durante os 6 meses de armazenamento, relatando também que a carne da coxa de frango sofreu mais oxidação proteica à temperatura de $-7\text{ }^{\circ}\text{C}$ do que a carne do peito de frango congelado à mesma temperatura.

4. CONCLUSÃO

O teor de compostos fenólicos apresentou uma grande variação entre os extratos estudados, mas não demonstrou relação direta com os efeitos antioxidantes sobre os lipídios ou proteínas analisados nos ensaios de armazenamento.

Dentre os extratos estudados, apenas o de murici demonstrou algum potencial de atenuação do crescimento das bactérias estudadas *in vitro*.

Todos os extratos estudados apresentaram atividade antioxidante na proteção dos lipídios durante o tratamento térmico e o armazenamento, principalmente os extratos de murici e pau-terra que foram superiores ao antioxidante sintético nas condições de armazenamento estudadas.

Da mesma forma, todos os extratos utilizados apresentaram potencial antioxidante na proteção das proteínas durante o armazenamento refrigerado, com destaque para os extratos de murici e pau-terra.

Importante ressaltar que os antioxidantes naturais estudados podem ser uma alternativa para a substituição aos antioxidantes sintéticos, o que pode resultar em um aumento da vida de prateleira de produtos cárneos.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADAMS, C. A. **Oxidation and antioxidants**. In: *Nutricines: Food components in health and nutrition*. Nottingham: Nottingham University Press. 1999.

AHN, J.; GRUN, I.U.; FERNANDO, L.N. **Antioxidant properties of natural plant extracts containing polyphenolic compounds in cooked ground beef**. *Journal of Food Science*, 67, 1364–1369, 2002.

AMADOR, S. A. **Uso de extrato de goiaba (*Psidium guajava L.*) na prevenção da oxidação da carne de frango**. Dissertação (Mestrado em Ciências Animais) – Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília. Brasília. 2015.

AOAC-ASSOCIATION OF OFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official Methods of Analysis**. 15 ed. Arlington: AOAC International, p. 771, 1990.

AOAC-ASSOCIATION OF OFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official Methods of Analysis**. 16 ed. Arlington: AOAC International, p. 1025, 1995.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS – INTERNACIONAL [AOAC]. **Official Methods of Analysis**. 18ed. AOAC. Gaithersburg: MD, 2005.

BLIGH, E. G. & DYER, W. J. **A rapid method of total lipid extraction and purification**. *Canadian Journal of Biochemistry and Physiology*, v.37, n.8, p.911-917, 1959.

BORGES, J. C. **Atividade antimicrobiana de extrato de *Brosimum gaudichaudii* Trécul. contra bactérias isoladas de lesões de pés diabéticos**. Dissertação (Mestrado em Ciências da Saúde) – Universidade Federal do Tocantins. Palmas, 2016.

CESTARI, L. A., GAIOTTO, R. C., ANTIGO, J. L., SCAPIM, M. R. S., MADRONA, G. S., YAMASHITA, F, PRADO, I. N. **Effect of active packaging on low-sodium restructured chicken steaks**. Journal of Food Science and Technology, 52(6), 3376-3382, 2014.

COSTA, D. E. M., RACANICCI, A. M. C., & SANTANA, Â. P. **Atividade antimicrobiana da erva-mate (*Ilex paraguariensis*) contra microrganismos isolados da carne de frango**. Ciência Animal Brasileira, 18(0), 2017.

DE BIASI, B., GRAZZIOTIN, N.A., HOFMANN JR, A.E. **Atividade antimicrobiana dos extratos de folha e ramos da *Ilex paraguariensis* A. St.-Hil., Aquifoliaceae**. Revista Brasileira de Farmacognosia, v. 19, p. 582-585, 2009.

DECKER, E.A. **Phenolics: prooxidants or antioxidants**. Nutr. Rev., v. 55, p. 396-398, 1997.

FALOWO, A. B., FAYEMI, P. O., & MUCHENIE, V. **Natural antioxidants against lipid-protein oxidative deterioration in meat and meat products: A review**. Food Research International, 64, 171–181, 2014.

FERREIRA, E. L. SAMPAIO, G. R.; TORRES, E. A. F. S.; BASTOS, D. H. M. **Natural Antioxidant from Yerba Maté (*Ilex paraguariensis* St. Hil.) Prevents Hamburger Peroxidation**. Braz. Arch. Biol. Technol. v.54, p. 803-809, 2011.

FRANCZARK, D. D. CARRETO, R. SANTANA, V. T. P. SOUZA, G. S. **Atividade antibacteriana dos extratos etanolicos do caule e da folha de *Qualea parviflora* Mart. (Pau-terra)**. Uniciências, v. 23, n. 1, p. 43-47, 2019.

FREITAS, E. R., BORGES, A. D. S., TREVISAN, M. T. S., WATANABE, P. H., CUNHA, A. D., PEREIRA, A. L. F. NASCIMENTO, G. D. **Extratos etanólicos da manga como antioxidantes para frangos de corte**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, 47(8), 1025-1030, 2012.

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

JONGBERG, S., SKOV, S. H., TORNGREN, M. A., SKIBSTED, L. H., & LUND, M. N. **Effect of white grape extract and modified atmosphere packaging on lipid and protein oxidation in chill stored beef patties**. Food Chemistry, 128(2), 276–283, 2011.

KIM, S. J., CHO, A. R., HAN, J. **Antioxidant and antimicrobial activities of leafy green vegetable extracts and their applications to meat product preservation**. Food Control, v.29, p. 112-120, 2013.

LAND, L. R. B., BORGES, F. M., BORGES, D. O., & PASCOAL, G. B. **Composição centesimal, compostos bioativos e parâmetros físico-químicos da mamacadeira (*Brosimum gaudichaudii* Tréc) proveniente do cerrado mineiro**. DEMETRA: Alimentação, Nutrição & Saúde, 12(2), 2017.

LIMA JUNIOR, D. M., RANGEL, A. H. N., URBANO, S. A., MORENO, G. M. B. **Oxidação lipídica e qualidade da carne ovina**. Acta Veterinaria Brasilica, v.7, n.1, p.14-28, 2013.

LIMA NETO, G. A., KAFFASHI, S., LUIZ, W. T., FERREIRA, W. R., DIAS DA SILVA, Y. S. A., PAZIN, G. V., & VIOLANTE, I. M. P. **Quantificação de metabólitos secundários e avaliação da atividade antimicrobiana e antioxidante de algumas plantas selecionadas do Cerrado de Mato Grosso**. Revista Brasileira de Plantas Mediciniais, 17(4 suppl 3), 1069–1077, 2015.

MADSEN, H. L.; SORENSEN, B.; SKIBSTED, L. H.; BERTELSEN, G. **The antioxidative activity of summer savory (*Satureja hortensis* L.) and rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.) in dressing stored exposed to light or in darkness**. Food Chemistry, 63, p. 173-180, 1998.

MARIUTTI, L.R.B & BRAGAGNOLO, N. **A oxidação lipídica em carne de frango e o impacto da adição de sálvia (*Salvia officinalis*, L.) e de alho (*Allium sativum*, L.) como antioxidantes naturais**; Rev. Inst. Adolfo Lutz (Impr.) v.68 n.1 São Paulo abr, 2009.

MELO A.E., MACIEL M I S., DE LIMA, V L A.G & DO NASCIMENTO, R.J. **Capacidade antioxidante de frutas**. Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences, 44(2), 2008.

MENDES, R. F. **Investigação do potencial químico e farmacológico de *Xylopiá sericea* A. St.-Hil (Annonaceae)**. Dissertação (Mestrado em Ciências Farmacêuticas) – Universidade Federal de Juiz de Fora. Juiz de Fora. 2014.

MICHELIN, D. C., SANNOMIYA, M., FIGUEIREDO, M. E., RINALDO, D., SANTOS, L. C. dos, SOUZA-BRITO, A. R. M. SALGADO, H. R. N. **Antimicrobial activity of *Byrsonima* species (Malpighiaceae)**. Revista Brasileira de Farmacognosia, 18, 690–695, 2008.

MORAIS, M. L., SILVA, A. C. R., ARAÚJO, C. R. R., ESTEVES, E. A., & DESSIMONI-PINTO, N. A. V. **Determinação do potencial antioxidante in vitro de frutos do Cerrado brasileiro**. Revista Brasileira de Fruticultura, 35(2), 355–360, 2013.

MORZELLE, M. C., BACHIEGA, P., SOUZA, E. C. D., VILAS BOAS, E. V. D. B., & LAMOUNIER, M. L. **Caracterização química e física de frutos de curriola, gabioba e murici provenientes do cerrado brasileiro**. Revista Brasileira de Fruticultura, 37(1), 96–103, 2015.

NATIONAL COMMITTEE for CLINICAL LABORATORY STANDARDS (NCCLS). **Performance standards for antimicrobial susceptibility testing, Ninth informational supplement**. NCCLS document M100-S11. Wayne, PA, 2001.

NORHIDAYAH A.A, NORIHAM M, RUSOP. **The potential of nanotechnology application in improving bioactivity of Malaysian plants.** Current Issues in Hospitality and Tourism: Research and Innovations: 253, 2012.

RACANICCI, A. M. C., ALLESEN-HOLM, B. H., & SKIBSTED, L. H. **Sensory evaluation of precooked chicken meat with mate (*Ilex paraguariensis*) added as antioxidant.** European Food Research and Technology, 229(2), 277–280, 2009.

RAMALHO, V. C., JORGE, N. **Atividade antioxidante do α -tocoferol e do extrato de alecrim em óleo de soja purificado.** Rev Inst Adolfo Lutz, v.65, p.15-20, 2006.

ROCHA, M. S. **Compostos bioativos e atividade antioxidante (in vitro) de frutos do cerrado piauiense.** Dissertação - Universidade Federal do Piauí. Teresina. 2011.

ROESLER, R., MALTA, L. G., CARRASCO, L. C., HOLANDA, R. B., SOUSA, C. A. S., & PASTORE, G. M. **Atividade antioxidante de frutas do cerrado.** Ciência e Tecnologia de Alimentos, 27(1), 53–60, 2007.

RUFINO, M. do S.M.; ALVES, R.E.; BRITO, E. S. de; MORAIS, S.M. de; SAMPAIO, C. de G.; PÉREZ-JIMÉNEZ, J.; SAURA-CALIXTO, F.D. **Metodologia científica: determinação da atividade antioxidante total em frutas pela captura do radical livre ABTS+.** Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 4p. (Comunicado técnico, 128), 2007.

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

SHIRAHIGUE, L. D. **Caracterização química de extratos de semente e casca de uva e seus efeitos antioxidantes sobre carne de frango processada e**

armazenada sob refrigeração. Dissertação (Mestrado em Ciências e Tecnologia de Alimentos) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo. Piracicaba. 2008.

SIQUEIRA, E.M. de A.; ROSA, F.R.; FUSTINONI, A.M.; SANT’ANA, L.P.; ARRUDA, S.F. **Brazilian savanna fruits contain higher bioactive compounds content and higher antioxidant activity relative to the conventional red delicious apple.** Plos One, Cambridge, v.8, n.8, p.1-7, 2013.

SINGLETON; VERNON, L.; RUDOLF ORTHOFER; ROSA, M. L. **Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of folin-ciocalteu reagent.** Methods in enzymology, 299C, p. 152-178, 1999.

SOUZA, V. R.; PEREIRA, P. A. P.; QUEIROZ, F.; BORGES, S. V.; CARNEIRO, J. D. S. **Determination of bioactive compounds, antioxidante activity and chemical composition of Cerrado Brazilian fruits.** Food Chemistry, London, v. 134, n. 1, p. 381-386, 2012.

SOYER, A., ÖZALP, B., DALMIS, Ü., & BILGIN, V. **Effects of freezing temperature and duration of frozen storage on lipid and protein oxidation in chicken meat.** Food Chemistry, 120(4), 1025–1030, 2010.

TORRES, E. A. F. S., CAMPOS, N. C., DUARTE, M., GARBELOTTI, M. L., PHILIPPI, S. T., RODRIGUES, R. S. M. **Composição centesimal e valor calórico de alimentos de origem animal.** Ciência e Tecnologia de Alimentos, v. 20, p. 145-150, 2000.

VELASCO, J. **Aplicación de antioxidants naturais em produtos cárnicos.** Carnectec, v.12, n.1, p.35-37, 2005.

VUORELA, S., SALMINEN, H., MAKELA, M., KIVIKARI, R., KARONEN, M., & HEINONEN, M. **Effect of Plant Phenolics on Protein and Lipid Oxidation in**

Cooked Pork Meat Patties. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53(22), 8492–8497, 2005.