

ANTIOXIDANTE NATURAL PARA SUÍNOS EM
CRESCIMENTO E TERMINAÇÃO EXTRAÍDO DA
MANGIFERA INDICA



LINA RAQUEL SANTOS ARAÚJO
PEDRO HENRIQUE WATANABE
EDNARDO RODRIGUES FREITAS
MARIA TERESA SALLES TREVISAN



**ANTIOXIDANTE NATURAL PARA SUÍNOS EM
CRESCIMENTO E TERMINAÇÃO EXTRAÍDO DA**
Mangifera indica

Lina Raquel Santos Araújo
Pedro Henrique Watanabe
Ednardo Rodrigues Freitas
Maria Teresa Salles Trevisan



Fortaleza – CE

2020

2020 by Editora In Vivo
Copyright © Editora In Vivo
Copyright do Texto © 2020 O autor
Copyright da Edição © 2020 Editora In Vivo



Esta obra está licenciada com uma Licença [Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/) (CC BY 4.0).

O conteúdo desta obra e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva do autor. Permitido o download da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos ao autor, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

Editor Chefe

Dr. Everton Nogueira Silva

Conselho Editorial

1 Colégio de Ciências da Vida

1.1 Ciências Agrárias

Dr. Aderson Martins Viana Neto
Dra. Ana Paula Bezerra de Araújo
MSc. Edson Rômulo de Sousa Santos
Dr. Fágner Cavalcante P. dos Santos
MSc. Filomena Nádia Rodrigues Bezerra
Dra. Lina Raquel Santos Araújo
Dr. Luis de França Camboim Neto
MSc. Maria Emília Bezerra de Araújo
MSc. Yuri Lopes Silva

1.2 Ciências Biológicas

Dra. Antonia Moemia Lúcia Rodrigues Portela

1.3 Ciências da Saúde

Dr. Isaac Neto Goes Silva
Dra. Maria Verônica Coelho Melo
Dr. Victor Hugo Vieira Rodrigues

2 Colégio de Humanidades

2.1 Ciências Humanas

Dra. Alessandra Maria Sousa Silva
MSc. Francisco Brandão Aguiar
MSc. Julyana Alves Sales

2.2 Ciências Sociais Aplicadas

MSc. Cícero Francisco de Lima
MSc. Erivelton de Souza Nunes
Dra. Maria de Jesus Gomes de Lima
MSc. Maria Rosa Dionísio Almeida
MSc. Marisa Guilherme da Frota

3 Colégio de Ciências Exatas, Tecnológica e Multidisciplinar

3.1 Ciências Exatas e da Terra

Dra. Irvila Ricarte de Oliveira Maia

3.2 Engenharias

MSc. Henrique Nogueira Silva

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação - CIP

A658a Araújo, Lina Raquel Santos.
Antioxidante natural para suínos em crescimento e terminação extraído da *Mangifera indica* [livro eletrônico]. / Lina Raquel Santos Araújo... [et al.]. Fortaleza: Editora In Vivo, 2020.
191 p.

Bibliografia.

ISBN: 978-65-991243-4-1

DOI: [10.47242/978-65-991243-4-1](https://doi.org/10.47242/978-65-991243-4-1)

1. Composto fenólico. 2. Estabilidade oxidativa. 3. *Mangifera indica*. I. Título.

CDD 570.7

Denise Marques Rodrigues – Bibliotecária – CRB-3/CE-001564/O

APRESENTAÇÃO

Diariamente diferentes categorias de resíduos são gerados pela ação humana, nesse contexto várias pesquisas têm buscado o aproveitamento desses resíduos com a finalidade de reduzir a poluição ambiental. Neste estudo buscou-se aproveitamento para o resíduo de manga oriundo da indústria de polpa. Trabalhos anteriores revelaram que em diferentes partes da manga (caroço, polpa, casca, folhas...) há compostos fenólicos com ação antioxidante *in vitro* comprovada. Então buscou-se sua aplicação *in vivo*, utilizando a espécie suína como modelo animal.

Neste livro será mostrado os efeitos da dieta acrescida de extrato etanólico do caroço de manga (*Mangifera indica*) sobre parâmetros sanguíneos, parâmetros de desempenho nas fases de crescimento e terminação, características de carcaça e qualidade de carne (processada ou não) de suínos terminados. Além disso, pesquisou-se seus efeitos antioxidantes na ração, no soro, na carne e na mortadela elaborada com a carne desses animais.

Lina R.S Araújo

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente à Deus, pelo dom da vida, pois sem Ele nada seria possível...

A meus pais, muito importantes para minha formação e na transmissão de valores. Em especial à minha mãe, Maria do Socorro que me acompanha até hoje, e que certamente alegra-se com mais essa vitória;

Ao professor Dr. Pedro Henrique Watanabe pela oportunidade, confiança depositada, paciência, orientação e pela honra de me tornar sua doutoranda “primogênita”;

Ao professor Dr. Ednardo Rodrigues de Freitas pelo aconselhamento científico e profissional, ensinamentos e coorientação;

Ao meu esposo Ênio Campos impaciente e paciente, que me apoiou em todos os momentos e que colaborou muito com este trabalho;

A minha avó Ricardina Santos pelas orações, que certamente me fortaleceram;

Aos meus irmãos Lana e Ricardo e aos meus cunhados Marcella e Afonso pelo apoio moral, palavras de encorajamento e momentos de distração;

Aos meus amigos de infância e de faculdade que compreenderam meu estado antissocial durante esse período;

Aos amigos Dr. Danilo Fernandes e Dra. Irvila Ricarte pelos momentos especiais que passamos juntos seguindo aquelas recomendações de Ariano;

Aos alunos que colaboraram com a obtenção do extrato da manga e aos que me ajudaram no experimento: Marcelle, Berg, Cleane, Juliana, Bárbara, Breno, Guilherme, Leonardo, Andreza, Eloísa, Daniel, Pedro, José Wilker e Rennan, que foi sorteado para sofrer por mais tempo me acompanhando em outras análises;

À Universidade Federal do Ceará pela infraestrutura e laboratórios cedidos para realização deste trabalho;

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior e à Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico pela concessão da bolsa de estudos e financiamento do projeto, respectivamente;

Aos demais professores, alunos e funcionários que de alguma forma contribuíram para minha formação profissional e humana;

Ao Frigorífico Frango Forte pela parceria e ótima recepção;

À Granja Regina, ao José Augusto e ao Dr. Fernando pela infraestrutura e apoio concedido para a elaboração das mortadelas;

À Embrapa Agroindústria Tropical por permitir o uso de seus laboratórios para algumas análises;

Aos meus 32 suínos que infelizmente tiveram que morrer para que este trabalho pudesse nascer e ser escrito;

Meus sinceros agradecimentos.



RESUMO	7
ABSTRACT	8
INTRODUÇÃO	9
Capítulo 1 - ANTIOXIDANTE NATURAL PARA SUÍNOS EM CRESCIMENTO E TERMINAÇÃO EXTRAÍDO DA <i>Mangifera indica</i>	11
Capítulo 2: EXTRATO ETANÓLICO DO CAROÇO DA MANGA COMO ANTIOXIDANTE PARA SUÍNOS NAS FASES DE CRESCIMENTO E TERMINAÇÃO	58
Capítulo 3: EXTRATO ETANÓLICO DO CAROÇO DA MANGA ADICIONADO À RAÇÃO AUMENTA ATIVIDADE ANTIOXIDANTE DA CARNE SUÍNA	88
Capítulo 4: PARÂMETROS QUALITATIVOS E ATIVIDADE ANTIOXIDANTE DE MORTADELAS ELABORADAS COM CARNE DE SUÍNOS ALIMENTADOS COM RAÇÃO CONTENDO EXTRATO ETANÓLICO DE CAROÇO DE MANGA	113
CONSIDERAÇÕES FINAIS	136

RESUMO

Objetivou-se avaliar o extrato etanólico de caroço de manga (EECM) como antioxidante para suínos nas fases de crescimento e terminação e seus possíveis efeitos sobre o desempenho, parâmetros sanguíneos e séricos, características de carcaça, carne e mortadelas elaboradas com a carne desses animais. Foram utilizados 32 suínos machos castrados com 60 dias de idade e peso médio inicial de $20,20 \pm 1,34$ kg, em um delineamento de blocos ao acaso, com 4 tratamentos e 8 repetições. Os tratamentos consistiram nas rações: controle-sem adição de antioxidantes; BHT- com 200 ppm de butilhidroxitolueno (BHT); EECM200- com 200 ppm de EECM; EECM400- com 400 ppm de EECM. Rações contendo antioxidantes apresentaram melhor estabilidade lipídica e potencial antioxidante que a controle. Animais alimentados com rações contendo 400 ppm de EECM apresentaram maior ganho de peso até os 110 dias de idade ($P < 0,05$). Suínos que consumiram ração contendo 200 ppm de EECM apresentaram redução da quantidade de hemácias ($P < 0,001$) e maior volume corpuscular médio ($P < 0,0001$). Observou-se o efeito da interação tratamento e dia de coleta ($P < 0,05$) para estabilidade lipídica, compostos fenólicos e potencial antioxidante do soro, sendo os melhores resultados relacionados aos animais que consumiram ração contendo EECM. Animais que consumiram ração contendo 400 ppm de EECM apresentaram menor perda de líquido por cocção e maiores valores de glutathione reduzida, de compostos fenólicos e da atividade antioxidante total em relação aos demais tratamentos ($P < 0,0001$). Quanto ao potencial antioxidante, maiores valores foram encontrados na carne de animais que consumiram ração adicionada de BHT e 400 ppm de EECM em relação à carne de suínos alimentados com a ração controle ($P < 0,01$). Maior valor do componente L^* foi registrado nas mortadelas elaboradas com as carnes de animais que consumiram as rações com BHT quando comparado com as dos que consumiram ração contendo 200 ppm de EECM ($P < 0,05$). Mortadelas elaboradas com a carne de animais que consumiram ração contendo 400 ppm de EECM apresentaram maiores níveis de compostos fenólicos em relação aos demais tratamentos aos 60 dias de armazenamento. Já aos 90 dias observou-se maior valor para as mortadelas formuladas com a carne de animais que consumiram EECM independentemente do nível de inclusão ($P < 0,0001$). Para a atividade antioxidante total, verificou-se maiores valores nas mortadelas elaboradas com a carne de suínos que consumiram ração com adição de BHT aos 30 dias de armazenamento, já aos 60 dias a adição de 400 ppm de EECM foi semelhante ao BHT e aos 90 dias os dois níveis de EECM foram similares ao BHT ($P < 0,001$). O EECM ao nível de 400 ppm proporciona melhor desempenho dos suínos até os 110 dias de idade, melhora a estabilidade lipídica, aumenta o teor de compostos fenólicos totais e potencial antioxidante do soro, reduz as perdas de líquido por cocção, aumenta conteúdo de glutathione reduzida e o potencial antioxidante da carne *in natura* e aumenta o teor de compostos fenólicos a atividade antioxidante total da carne *in natura* e processada.

Palavras-chave: Butilhidroxitolueno. Composto fenólico. Estabilidade oxidativa. *Mangifera indica*. Mangiferina.

ABSTRACT

The objective was to evaluate the ethanolic extract of mango seed (EEMS) as antioxidant for pigs in the growth and finishing phases and its possible effects on performance, blood and serum parameters, carcass characteristics, meat and mortadella elaborated with the meat of these animals. Thirty-two castrated male pigs with 60 days of age and initial mean weight of 20.20 ± 1.34 kg were used in a randomized complete block design with 4 treatments and 8 replicates. The treatments consisted of the diets: control- without addition of antioxidants; BHT- with 200 ppm of butylhydroxytoluene (BHT); EEMS200- with 200 ppm of EEMS; and EEMS400- with 400 ppm of EEMS. Antioxidant added ratios showed better lipid stability and antioxidant potential than control. Animals fed rations containing 400 ppm EEMS showed greater weight gain up to 110 days of age ($P < 0.05$). Pigs consuming ration containing 200 ppm of EEMS showed a reduction in the number of red blood cells ($P < 0.001$) and higher mean corpuscular volume ($P < 0.0001$). The effect of the treatment interaction and day of collection ($P < 0.05$) on lipid stability, phenolic compounds and antioxidant potential of the serum were observed, with the best results related to the animals that consumed EEMS-containing ration. Animals that consumed ration containing 400 ppm of EEMS showed lower loss of liquid by cooking and higher values of reduced glutathione, phenolic compounds and total antioxidant activity in relation to the other treatments ($P < 0.0001$). Regarding the antioxidant potential, higher values were found in the meat of animals that consumed added BHT ration and 400 ppm of EEMS in relation to the meat of pigs fed the control ration ($P < 0.01$). The highest value of the L * component was recorded in the mortadellas made with the meat of animals that consumed the BHT rations when compared to those consuming rations containing 200 ppm of EEMS ($P < 0.05$). Mortadellas made with the meat of animals that consumed ration containing 400 ppm of EEMS presented higher levels of phenolic compounds in relation to the other treatments at 60 days of storage. At 90 days, greater value was observed for mortadella formulated with meat from animals who consumed EEMS regardless of the inclusion level ($P < 0.0001$). For the total antioxidant activity, it was verified higher values in the mortadellas elaborated with the meat of pigs that consumed ration with addition of BHT at the 30 days of storage, already at 60 days the addition of 400 ppm of EEMS was similar to the BHT and at 90 Days the two levels of EEMS were similar to BHT ($P < 0.001$). The inclusion of EEMS at the 400 ppm level provides better performance of pigs up to 110 days of age, improves lipid stability, increases total phenolic compounds content and serum antioxidant potential, reduces liquid losses by cooking, increases reduced glutathione and the antioxidant potential of fresh meat and increases the content of phenolic compounds to the total antioxidant activity of raw and processed meat.

Keywords: Butylhydroxytoluene. *Mangifera indica*. Mangiferin. Oxidative stability. Phenolic compound.



Suínos de linhagens comerciais apresentam elevada taxa de crescimento e alto potencial de deposição de carne magra, tornando-os mais exigentes quanto à nutrição. Esses animais quando nas fases de crescimento e terminação têm suas necessidades energéticas diárias aumentadas - de 6.330 kcal para 10.820 kcal respectivamente - e para atendê-las faz-se necessário a adição de óleos às rações dos suínos. Dessa forma, as rações tornam-se mais suscetíveis à rancidez oxidativa, o que afeta o valor nutricional do alimento, promovendo efeitos sobre o desempenho e modificações fisiológicas nos animais, inclusive efeitos sobre o produto final, a carne suína.

Tanto as rações, quanto os animais e seus produtos finais, como a carne e derivados, são suscetíveis a oxidação, que é um processo desencadeado por radicais livres e possui 3 fases: a de iniciação, propagação e finalização. Para que esse processo se inicie, é necessária a presença de radicais livres, que são definidos como átomos ou moléculas que contém um ou mais elétrons desemparelhados, são altamente reativos, podendo desestabilizar outras moléculas e formar mais radicais livres. Essa alta reatividade é propícia para a fase de propagação.

A oxidação ou rancidez oxidativa das rações pode ser desencadeada pela adição de produtos já oxidados ou pelas condições de armazenamento, tais como temperatura, luz, contaminação fúngica etc. O consumo de rações oxidadas, bem como enfermidades, calor, estresse e outros podem desencadear a condição de estresse oxidativo em suínos, que ocorre quando há um desequilíbrio entre a produção de radicais e a neutralização destes, tendendo para o excesso de radicais livres. Essa condição, por afetar o organismo como um todo, intensifica os danos causados pelos processos oxidativos que se instalam no pós-morte, sendo responsáveis pela deterioração do produto e perda de qualidade.

Em relação às rações, para evitar os danos causados pela formação de radicais livres, antioxidantes podem ser adicionados ao óleo e às rações a fim de proteger os nutrientes dos processos oxidativos. Por sua vez, o organismo possui um sistema de defesa antioxidante, classificado em enzimático e não-enzimático, ambos encarregados em manter o equilíbrio entre a produção e a eliminação de radicais livres. O sistema não enzimático é composto por moléculas produzidas pelo organismo e por substâncias com atividade antioxidante oriundas da alimentação como as vitaminas e os compostos fenólicos. Assim como os animais são protegidos de danos oxidativos pelo sistema de defesa antioxidante, a carne também está sob a proteção de antioxidantes tanto os de origem endógena como os oriundos da dieta. Estes vêm merecendo atenção devido aos efeitos positivos sobre a

conservação das rações, sobre a fisiologia animal e sobre a conservação e qualidade da carne e de seus derivados.

Antioxidantes podem atuar neutralizando radicais livres formados nas etapas iniciais por meio da doação de hidrogênio, capturando oxigênio livre ou compostos reativos ou ainda aumentando a atividade de outros antioxidantes. Antioxidantes sintéticos estão presentes em diversos alimentos, sendo comumente utilizados em produtos destinados ao consumo animal como *premixes*, núcleos e rações prontas. Há relatos de que esses antioxidantes quando consumidos em quantidades elevadas podem ser cancerígenos e hepatotóxicos, constituindo um risco para humanos, nesse sentido, estudos têm revelado uma série de antioxidantes naturais em substituição aos antioxidantes sintéticos, tais como as vitaminas e compostos fenólicos.

Compostos fenólicos de origem vegetal têm merecido atenção, principalmente aqueles extraídos de subprodutos da indústria, devido ao baixo custo e por questões ambientais. Nesse contexto encaixa-se a manga (*Mangifera indica*) com uma produção representativa no Brasil e seu processamento gerando grande quantidade de resíduos que são fontes potenciais de antioxidantes naturais. Esse potencial antioxidante de extratos dos resíduos da manga – casca e caroço - gerou grande expectativa devido à possibilidade de substituição dos antioxidantes sintéticos da alimentação, de melhorias no desempenho animal e na qualidade da carne e em seus derivados. Inclusive já foram relatados efeitos de extratos da casca e do caroço de manga adicionados à ração de frango de corte sobre a manutenção da estabilidade oxidativa da carne e de embutidos elaborados com a carne desses animais, sendo os efeitos mais pronunciados quando se utilizou o extrato do caroço como fonte de antioxidantes.

Diante do exposto, o propósito deste estudo foi avaliar a inclusão do extrato etanólico de caroço de manga (EECM) como antioxidante para suínos nas fases de crescimento e terminação e seus possíveis efeitos sobre o desempenho, os parâmetros sanguíneos e séricos, as características de carcaça, a carne e mortadelas.



ANTIOXIDANTES NATURAIS PARA SUÍNOS

Lina Raquel Santos Araújo

Faculdade de Veterinária, Universidade Estadual do Ceará, Fortaleza, CE
<http://lattes.cnpq.br/7591378438576586>

Pedro Henrique Watanabe

Departamento de Zootecnia, Universidade Federal do Ceará
<http://lattes.cnpq.br/1287479281990951>

Ednardo Rodrigues Freitas

Departamento de Zootecnia, Universidade Federal do Ceará
<http://lattes.cnpq.br/1097985827805133>

Ênio Campos da Silva

MBA em Produção Avícola, Didatus, Fortaleza, CE
<http://lattes.cnpq.br/6829076136051055>

Danilo Rodrigues Fernandes

Departamento de Zootecnia, Universidade Federal do Ceará
<http://lattes.cnpq.br/6272537260608587>

Marcelle Craveiro Abreu de Melo

Departamento de Zootecnia, Universidade Federal do Ceará
<http://lattes.cnpq.br/6416479216908971>

Informações sobre o

artigo:

Recebido em:

01/09/2020

Aceite em:

14/09/2020

Data de publicação:

22/09/2020

Palavras-chave:

Compostos fenólicos

Lipídios

Oxidação

RESUMO

Os antioxidantes sintéticos são bastante empregados na indústria para conter os processos oxidativos que ocorrem durante o armazenamento ou processamento dos alimentos. Frequentemente essas substâncias são acusadas de causarem patologias nos seres humanos. Assim, diversos estudos têm sido realizados para a descoberta de novos compostos de origem vegetal com atividade antioxidante com a finalidade de substituir total ou parcialmente os antioxidantes sintéticos empregados na alimentação animal e humana. Neste sentido, este levantamento bibliográfico se propõe a discorrer sobre a oxidação lipídica e seus efeitos nos alimentos para suínos e na carne e sobre o sistema antioxidante, com ênfase em antioxidantes naturais de origem vegetal como os extraídos de diversas partes da *Mangifera indica*.

NATURAL ANTIOXIDANTS FOR PIGS

ABSTRACT

Keywords:

Phenolic compounds

Lipids

Oxidation

Synthetic antioxidants are widely used in industry to contain oxidative processes that occur during food storage or processing. These substances are often accused of causing pathologies in humans. Thus, several studies have been carried out to discover new compounds of plant origin with antioxidant activity in order to totally or partially replace the synthetic antioxidants used in animal and human food. In this sense, this bibliographic survey

proposes to discuss lipid oxidation and its effects on pig and meat food and on the antioxidant system, with an emphasis on natural antioxidants of plant origin such as those extracted from different parts of *Mangifera indica*.

INTRODUÇÃO

A produção de suínos no Brasil vem crescendo nas últimas décadas, devido aos investimentos em ampliações e de uma evolução na produtividade das granjas. O plantel reprodutivo brasileiro é de 2.100.301 matrizes, tendo produzido 3.643.000 toneladas de carne suína em 2015, o que manteve o Brasil no ranking mundial como quarto maior produtor e exportador de carne suína, sendo que 84,8% da carne suína produzida é destinada ao mercado interno e apenas 15,2 % é exportada (ABPA, 2016).

No mercado brasileiro, 89% da carne suína consumida é processada e apenas 11% é consumida *in natura* (ABPA, 2015). A justificativa para esta situação são de aspectos culturais e históricos ainda relacionados a uma imagem negativa da produção da carne suína (SAAB, 2011). No entanto, está havendo uma mudança em curso dessa imagem por parte da cadeia produtiva, que tem incrementado a disponibilidade de cortes e de produtos processados, com isso tem-se conseguido um acréscimo no consumo per capita de 2007 para 2015, de 13,0 kg para 15,1 kg (SAAB, 2011; ABPA, 2016).

Atualmente a produção suinícola utiliza animais de elevado potencial para deposição muscular, que é resultado de pesquisas e do melhoramento genético na espécie. Da década de 1980 para 2011, o rendimento de carne magra subiu de 47 % para 58% (ABCS, 2014). Portanto, essa rápida velocidade de crescimento e deposição de tecido magro dos suínos de linhagens comerciais aumenta a demanda sobre o sistema metabólico desses animais, tornando-os mais exigentes quanto ao manejo e à nutrição.

Neste sentido, é comum a adição de fontes lipídicas na dieta desses animais a fim de atender suas exigências nutricionais (VERUSSA, 2015). Com isso, faz-se uso de antioxidantes sintéticos, como o butilhidroxitolueno (BHT), para conter os processos oxidativos em produtos destinados à alimentação de suínos, gerando resíduos na carne e derivados (PARKE; LEWIS, 1992). Neste sentido, esta revisão teve o propósito de discorrer sobre a oxidação lipídica e seus efeitos nos alimentos para suínos e na carne e sobre o sistema antioxidante, com ênfase em antioxidantes naturais de origem vegetal como os extraídos da *Mangifera indica*.

NUTRIÇÃO E EXIGÊNCIAS NUTRICIONAIS DE SUÍNOS NAS FASES DE CRESCIMENTO E TERMINAÇÃO

Dentre os custos de produção na suinocultura, as despesas com alimentação respondem pela maior participação, sendo responsáveis por 70 a 80% dos custos totais (ABCS, 2014). No Brasil, os ingredientes mais utilizados nas rações de suínos são o farelo de soja e o milho, constituindo em torno de 80 a 90% das rações e são as principais fontes proteica e energética das dietas, respectivamente. Tais ingredientes são importantes produtos do agronegócio brasileiro, de maneira que suas ofertas e preços no mercado são influenciados pelas políticas econômicas e cambiais do país, pelos preços internacionais do milho, da soja e de outras culturas que possam ser cultivadas no mesmo período agrícola e pelos aspectos climáticos. Assim, tais pontos estão fora do controle do produtor de suínos e podem influenciar de maneira significativa os custos de alimentação e de produção (ABCS, 2016).

Segundo Mascarenhas *et al.* (2002), os suínos se alimentam a fim de atender prioritariamente sua necessidade energética e, assim sendo, a qualidade e quantidade da energia consumida irão influenciar a deposição de gordura e proteína na carcaça dos animais, variando em função da idade e o peso animal, ou seja, mudam conforme a fase de produção dos suínos.

As exigências nutricionais dos suínos são dependentes de vários fatores, como raça, linhagem, sexo, heterose, estágio de desenvolvimento do animal, consumo de ração, nível energético da ração, disponibilidade de nutrientes, temperatura ambiente, umidade do ar, estado sanitário do animal, além de outros. A temperatura exerce forte influência sobre o desempenho de suínos em crescimento e terminação, como é observado em estudos de exigências nutricionais (ROSTAGNO *et al.*, 2011).

As exigências de suínos machos castrados de alto potencial genético com desempenho superior aumentam muito nas fases de crescimento e terminação. Por exemplo, a exigência de lisina digestível passa de 18,47 para 25,06 g/dia e a de fósforo digestível de 5,97 para 7,28g/dia nas fases de crescimento e terminação respectivamente. Entretanto, os níveis nas rações decrescem com a idade, sendo compensados pelo aumento do consumo do animal. Nesse contexto, as exigências diárias de energia metabolizável também aumentam com a idade dos suínos, variando de 6.330 kcal no início da fase crescimento até 10.820 kcal em animais na fase de terminação (ROSTAGNO *et al.*, 2011).

Sabe-se que o nível energético da ração influencia o consumo de ração e principalmente a conversão alimentar quando suínos em crescimento recebem alimento à

vontade (ROSTAGNO *et al.*, 2011). Em geral, o consumo de ração diminui em função do aumento da densidade energética da dieta. Portanto, a utilização de dietas com alta densidade energética na fase de terminação torna o consumo voluntário dos animais reduzido e tem sido associado à melhora na eficiência alimentar (GONÇALVES *et al.*, 2015). Já dietas com baixa densidade energética são compensadas com o aumento da ingestão diária de alimento pelos suínos, até que a demanda energética seja atingida (GONÇALVES *et al.*, 2015). Portanto, lipídios têm sido utilizados na dieta de suínos para um melhor ajuste energético da ração, não se limitando apenas ao fornecimento de energia, dentre suas funções estão a melhora na palatabilidade, no desempenho animal, na conversão alimentar, além de reduzir o pó das rações e ajudar na manutenção dos equipamentos facilitando a peletização (VERUSSA, 2015).

Lipídios na alimentação de suínos

Os lipídios desempenham funções estruturais e funcionais no organismo, constituindo uma importante fonte energética, sendo esta função atribuída principalmente aos triacilgliceróis (BERTECHINI, 2012), que representam a forma mais concentrada de energia disponível para os tecidos biológicos (GIBBONS; ISLMA; PEASE, 2000). Os triacilgliceróis são os principais componentes dos óleos vegetais, sendo estes compostos também por quantidades apreciáveis de ácidos graxos livres decorrentes dos processos de extração dos óleos vegetais. Os triacilgliceróis são lipídios constituídos por três ácidos graxos esterificados a uma molécula de glicerol (NELSON; COX, 2002). Os ácidos graxos são cadeias de hidrocarbonetos contendo um grupo de metila, um grupo de carboxila e um número par de carbonos, variando entre 4 e 26 átomos e são classificados como saturados, monoinsaturados e poliinsaturados de acordo com a ausência e presença de uma ou mais duplas ligações (ROCHE, 1999; BELINATO, 2010).

Dentre as fontes lipídicas, o óleo de soja é o mais utilizado na alimentação de suínos em função de sua disponibilidade e composição de ácidos graxos insaturados de cadeia longa, contendo cerca de 8 a 9% de ácido linolênico (BUENO, 2011), sendo estes favoráveis à ação das lipases pancreáticas, entretanto, a digestibilidade e a absorção são influenciadas por fatores como a idade do animal, a composição da dieta, o tipo de lipídio usado e a oxidação lipídica (POUZET, 1996). Nutricionalmente, os triacilgliceróis presentes em óleos e gorduras são mais eficientes que os glicídios quanto ao suprimento energético, enquanto a oxidação de um glicídio rende 4 kcal/g, a oxidação total de um triacilglicerol rende aproximadamente 9 kcal/g, ou seja, cerca de 2,25 vezes mais calorias, além disso, resultam em menor

incremento calórico em comparação com carboidratos, sendo estratégia nutricional indicada para locais de clima com elevada temperatura para minimizar o efeito ambiental sobre o consumo. (BERTECHINI, 2012).

A indústria suinícola tem incluído fontes lipídicas nas rações de suínos entre 3 e 5 % com a finalidade de proporcionar uma dieta de maior densidade energética aos suínos de elevado potencial genético, além de algumas vantagens práticas, como no processamento da ração e na aceitação da mesma pelos animais, melhorando a aceitabilidade da ração, aumentando o consumo até determinado nível de inclusão e melhorando a conversão alimentar (PUPA, 2004).

Um dos principais benefícios da utilização de óleo como fonte energética nas dietas é a melhora da conversão alimentar, que pode ser devido aos seus efeitos positivos sobre a digestibilidade dos nutrientes e na melhora da relação energia: proteína das dietas (MOURA, 2007). Existem evidências de que a suplementação de óleo nas dietas pode reduzir a velocidade do trânsito da digestão, devido aos efeitos inibitórios que os lipídios exercem sobre o esvaziamento gástrico, o que possibilitaria maior tempo para a digestão e absorção dos nutrientes, melhorando assim a conversão alimentar (ADEOLA; ORBAN, 1995; DONZELE *et al.*, 1998). Contudo, a adição de lipídios às rações para suínos apresenta um inconveniente que é a maior suscetibilidade à rancidez oxidativa das rações, que é agravada pelo tipo de óleo adicionado.

Oxidação lipídica e seus efeitos sobre a ração

A rancidez é a principal forma de deterioração dos óleos vegetais e pode comprometer características sensoriais como aroma, sabor, cor e textura, além de produzir substâncias tóxicas, sendo causada por meio de duas vias: a hidrolítica e a oxidativa (SILVA; BORGES; FERREIRA, 1999; RAMALHO; JORGE, 2006). A rancidez hidrolítica é muito comum durante o armazenamento de alimentos e resulta na formação dos ácidos graxos livres, pela reação do lipídio com a água, sendo acelerada na presença de um catalisador ou pela ação de enzimas como as lipases (CONEGLIAN *et al.*, 2011).

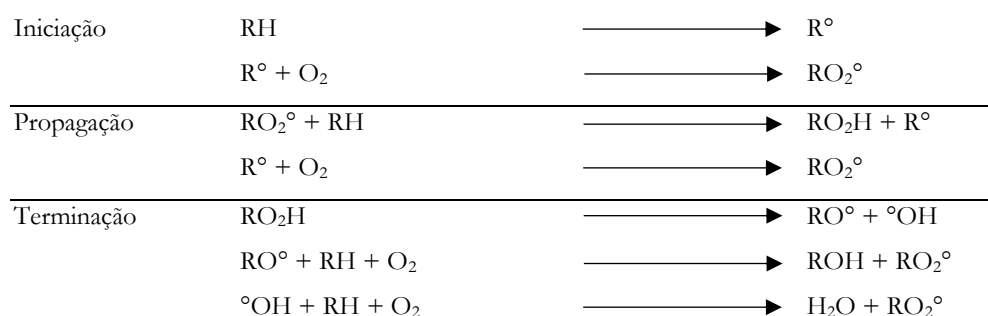
Por outro lado, a rancidez oxidativa é iniciada pelo ataque de espécies reativas ao oxigênio (ERO) às duplas ligações dos ácidos graxos insaturados que compõem um lipídio (GORDON, 2001; CONEGLIAN *et al.*, 2011), seguida pelas fases propagação e término (MELO; GUERRA, 2002). Como o oxigênio molecular presente no óleo é quimicamente pouco reativo, portanto, é pouco provável que ele inicie um processo de rancidez oxidativa, exceto em condições extremas, como sob alta temperatura e/ou pressão, através de

catalisadores, como o aquecimento, a luz UV e substâncias presentes no óleo como um composto de nitrogênio, por exemplo. A estrutura eletrônica do oxigênio permite que ele possa receber ou perder elétrons, fazendo com que ocorra um desapareamento eletrônico que o converte em um radical livre de alta reatividade química. Por este processo, o oxigênio pode sofrer diferentes tipos de reduções que o transformam em diferentes radicais livres como o radical superóxido e o radical hidroxil, chamados espécies reativas ao oxigênio (VALENZUELA; NIETO, 2001; WANASUNDARA; SHAHIDI, 2005; BELINATO, 2010). Das espécies formadas, o radical hidroxil é a mais reativa do metabolismo do oxigênio, pois tem alto poder oxidante e é responsável por iniciar a oxidação dos ácidos graxos polinsaturados, além de inativar várias proteínas (HALLIWELL; GUTTERIDGE, 1986). Essas EROs ao atacarem a estrutura dos ácidos graxos insaturados do óleo geram radical livre (R°) que, por sua vez, após inserção do oxigênio forma radical peroxil, representado por RO_2° conforme apresentado na Figura 1 (VALENZUELA; NIETO, 2001; WANASUNDARA; SHAHIDI, 2005; BELINATO, 2010).

Os radicais livres gerados na fase inicial reagem com uma nova molécula de óleo, podendo formar outros radicais livres, como o hidroperóxido (RO_2H) que juntamente com o oxigênio formam mais radical peroxil e assim, a presença de um único radical pode iniciar uma sequência de reações em cadeia de transferência de elétrons. Nesta fase de propagação, o processo oxidativo é rápido e acompanhado de alto consumo de oxigênio, caracterizando-se por drásticas mudanças estruturais dos lipídios (FRIDOVICH, 1998; BELINATO, 2010).

Por fim, na fase de terminação, o hidroperóxido se decompõe em dois novos radicais, alcóxil e hidroxil, e ambos vão reagir com novas moléculas de óleo na presença de oxigênio, resultando em um composto hidroxilado (ROH), água e mais radical peroxil, dando continuidade à reação de oxidação, conforme descrito abaixo (BELINATO, 2010).

Figura 1. Etapas de iniciação, propagação e terminação de processos oxidativos.



Fonte: BELINATO, 2010.

Na evolução oxidativa, primeiramente, ocorre o desaparecimento dos substratos de oxidação, que são o oxigênio e o lipídio insaturado; em seguida ocorre o aparecimento dos produtos primários da oxidação (peróxidos e hidroperóxidos), que devido a sua fraca estabilidade se decompõem em produtos secundários como epóxios, compostos voláteis e não voláteis (por exemplo, malondialdeído), que atingem níveis elevados ao final do processo (BERSET; CUEVELIER, 1996). E esses compostos resultantes do processo de oxidação lipídica podem trazer prejuízos para o desempenho animal tanto por reduzir o valor energético das rações quanto por afetar o consumo e a digestibilidade de nutrientes.

Efeitos da utilização de lipídios oxidados na alimentação animal

O fornecimento de uma alimentação oxidada aos animais criados intensivamente resulta na redução do desempenho, devido à redução do conteúdo energético da ração, do consumo de ração e do aproveitamento de nutrientes (SCOTT; NESHEIN; YOUNG, 1982). Engberg *et al.* (1996) verificaram redução no conteúdo energético e na quantidade de ácidos graxos polinsaturados do alimento oxidado. Da mesma forma, Racanicci *et al.* (2004) observaram uma redução de aproximadamente 17% nos valores de energia metabolizável do óleo de vísceras de aves oxidado em relação ao óleo fresco, comprovando a redução do conteúdo energético decorrente do processo oxidativo. Lin *et al.* (1989) registraram uma redução significativa no peso ao abate e no peso das carcaças de frangos quando estes consumiram rações contendo óleo oxidado. Já Racanicci *et al.* (2008) não observaram efeitos do fornecimento de alimentos oxidados sobre o desempenho de frangos de corte, porém registraram uma redução do rendimento do peito, que foi justificada pelo déficit energético da ração (cerca de 60 kcal/ kg) comprometendo a deposição de proteína muscular.

Em relação ao consumo de alimentos oxidados, suínos são muito sensíveis a alterações nas características sensoriais dos alimentos, portanto, normalmente reduzem o consumo de ração na presença de lipídios oxidados, em função do odor e sabor de ranço (BELTZ; GROSCHE; SCHIEBERLE, 2009; SILVA *et al.*, 2010).

Quanto ao aproveitamento de nutrientes, muitos compostos gerados na oxidação do alimento apresentam efeitos tóxicos após ingestão, provocam danos às células epiteliais do intestino, inibem ou retardam a ação da lipase pancreática na hidrólise de triacilgliceróis não oxidados, tornando a digestibilidade bastante diminuída com o aumento dos compostos poliméricos, prejudicando a absorção e o aproveitamento do óleo na dieta (ENGBERG *et al.*, 1996; FREIRE; MANCINI-FILHO; FERREIRA, 2013).

Hidroperóxidos lipídicos presentes no alimento oxidado ao serem ingeridos reagem

agressivamente com células intestinais, podendo causar mudanças na permeabilidade da membrana, na viscosidade e na sua atividade secretória, culminando com o rompimento da membrana celular (ROBEY; SHERMER, 1994) o que reduz o tempo de vida dessas células (DIBNER *et al.*, 1996). Dessa forma, a lesão no epitélio intestinal causada pela ingestão de alimentos oxidados, prejudica a absorção, interferindo nos níveis de digestibilidade da proteína e da energia metabolizável da dieta, ao mesmo tempo em que aumenta a taxa de renovação celular e consequentemente a exigência de manutenção destes animais (ROBEY; SHERMER, 1994; DIBNER *et al.*, 1996; ROCHA, 2010). A principal consequência disso é a redução do desempenho desses animais, podendo também afetar a resposta imune e aumentar taxa de mortalidade (ROBEY; SHERMER, 1994; ENGBERG *et al.*, 1996).

Segundo Song e Miyazawa (2001), o plasma é um dos primeiros alvos para o estresse oxidativo induzido pela alimentação. Uma dieta rica em ácidos graxos polinsaturados por aumentar a insaturação dos ácidos graxos essenciais das membranas das células dos tecidos, já as torna mais susceptíveis aos danos oxidativos (MONTEIRO, 2007). O impacto do consumo de lipídios oxidados sobre a fisiologia dos animais depende do grau do dano oxidativo dos componentes da dieta. Uma oxidação severa pode interferir no estado oxidativo do animal, causando deficiência clássica de vitamina E, uma das principais moléculas antioxidantes de origem alimentar que são consumidas por conta desse processo (CABEL *et al.*, 1988; VARADY, *et al.*, 2012), além de afetar negativamente os níveis séricos de selênio e triptofano (HANSON *et al.*, 2016), ambos relacionados a síntese de moléculas com atividade antioxidante no organismo (PAREDES *et al.*, 2009; RODRIGUES, 2016).

Os genes que regulam enzimas antioxidantes do organismo são ativados em resposta a presença de lipídios peroxidados da dieta de suínos. Porém, isto não pode ser interpretado como um efeito benéfico, mas como uma resposta adaptativa do fígado para lidar com o estresse oxidativo induzido pela administração de lipídios oxidados, prevenindo assim o organismo dos possíveis danos mediados por espécies reativas ao oxigênio (VARADY *et al.*, 2012).

A maioria dos produtos finais da oxidação, como aldeídos e cetonas, devido a sua natureza hidrofílica e seu baixo peso molecular são facilmente absorvidos e levados pela corrente sanguínea até os órgãos, onde promovem a oxidação lipídica *in vivo* (DIBNER *et al.*, 1996). Um dos primeiros órgãos atingidos pela oxidação é o fígado, que atua no organismo como um filtro biológico (ROBEY; SHERMER, 1994). Além disso, o consumo de gorduras oxidadas está relacionado ao aumento da suscetibilidade a doenças, como observado em perus expostos a infecção viral, os quais apresentaram aumento na massa do baço

(ZDUNCZYK; JANKOWSKI; KONCICKI, 2002). Somado a isto, a perda de fluidez das membranas causada pelos produtos da oxidação, tem sido relacionada com a menor capacidade dos linfócitos em responder aos desafios sanitários (ADAMS, 1999). Células do sistema imunológico não só produzem espécies reativas ao oxigênio para atividade microbida, mas são especialmente sensíveis a radicais livres externos, devido aos elevados níveis de ácidos graxos poliinsaturados presentes na sua membrana plasmática (BENDICH; MACHLIN, 1988). Nesse sentido, o aumento do estresse oxidativo induzido pelo consumo de um alimento oxidado e/ou deficiência dietética em nutrientes antioxidantes podem afetar respostas imunitárias levando à redução da resistência do organismo a microrganismos infecciosos (PUERTOLLANO *et al.*, 2011).

Assim como ocorrem modificações no perfil lipídico do plasma devido à alimentação, os tecidos e consequentemente a carne de suínos também têm sua composição dos ácidos graxos essenciais alterados em função da dieta. Dietas ricas em ácidos graxos poliinsaturados aumentam significativamente os níveis dos ácidos linoleico e linolênico no músculo *Longissimus dorsi* e na gordura subcutânea (MILINSK *et al.*, 2007; MITCHAOTHAIR *et al.*, 2008). Esse aumento da porcentagem de ácidos graxos insaturados resulta em maior susceptibilidade à oxidação lipídica da carne e de seus produtos processados (MITCHAOTHAIR *et al.*, 2007). Da mesma forma, lipídios oxidados adicionados à ração também implicam variação na composição de ácidos graxos da carne, Racanicci *et al.* (2008) observaram pequenos incrementos nas quantidades de alguns ácidos graxos saturados da carne de frangos, enquanto a concentração de ácido linoleico diminuiu, resultado do ataque das EROs às duplas ligações de ácidos graxos poliinsaturados presentes na dieta.

Além disso, o consumo de alimentos oxidados, por apresentarem baixos níveis de α -tocoferol, pode comprometer a estabilidade oxidativa dos tecidos musculares (ASGHAR *et al.*, 1989; LIN *et al.*, 1989) devido a redução da concentração de α -tocoferol nos tecidos, que é a principal linha de defesa antioxidante a nível de membrana celular (GRAU *et al.*, 2001; VARADY, *et al.*, 2012). Como consequência disso, há aumento da peroxidação lipídica iniciando-se na fração fosfolipídica das membranas celulares, com comprometimento da segurança microbiológica, perda da qualidade, alterações no sabor, aroma, textura e no valor nutricional das carnes (BUCKLEY *et al.*, 1995). Boler *et al.* (2012) observaram maiores níveis de malondialdeído na carne de costela de suínos que consumiram dieta contendo óleo oxidado, relacionando esse resultado a menores níveis de vitamina E encontrados no plasma e no fígado e a redução da atividade da glutathione peroxidase plasmática detectada nesses animais, sugerindo uma relação entre o status oxidativo do animal e a qualidade da carne.

Dessa forma, a utilização de antioxidantes dietéticos pode atenuar os efeitos negativos de uma alimentação contendo gordura oxidada, melhorando o status oxidativo de suínos e contribuindo para a produção de uma carne com maior tempo de prateleira (BOLER *et al.*, 2012).

Em resumo, processos oxidativos de origem alimentar, além de afetarem o valor nutricional das rações, envolvem os prejuízos causados ao desempenho, os danos a nível celular, a instalação da condição de estresse oxidativo e o comprometimento da estabilidade lipídica da carne desses animais. De forma complementar à oxidação lipídica que ocorre em óleos e rações, será abordada a condição de estresse oxidativo e o processo de oxidação da carne de animais, seguidos dos sistemas de defesa antioxidante, com ênfase aos antioxidantes de origem alimentar, em especial aos compostos fenólicos, alvos deste estudo.

ESTRESSE OXIDATIVO

A oxidação é um processo normal e muito importante no metabolismo dos animais, sendo capaz de gerar calor, produzir energia para os processos metabólicos e transformar nutrientes (ADAMS, 1999). Das fontes endógenas de produção de radicais livres, destacam-se as mitocôndrias, seguidas das células do sistema imunológico (HEKIMI; LAPOINTE; WEN; 2011; LAMBETH; NEISH, 2014). Outros fatores, como medicações, doenças, dietas excessivamente calóricas, altas temperaturas, manejo, ingestão inadequada de antioxidantes, alterações enzimáticas e outros, também podem induzir a formação de radicais livres no organismo (CAROCHO; FERREIRA, 2013).

As principais funções das mitocôndrias são a obtenção de energia na forma de adenosina trifosfato (ATP), a manutenção da homeostase e o controle da apoptose celular (DESAGHER; MARTINOU, 2000). Para a produção de energia elas utilizam dois processos metabólicos coordenados: o ciclo de Krebs e a fosforilação oxidativa (TURRENS, 2003). As EROs são continuamente geradas nelas, assim como a cadeia de transporte de elétrons, que é a principal via de metabolismo do oxigênio no organismo e envolve a sua completa redução à água e a incorporação de quatro elétrons ao final da cadeia. Porém de 1 a 3% desse oxigênio sofre redução por um número menor de elétrons ao longo da cadeia respiratória, gerando elementos intermediários reativos, o radical superóxido, o peróxido de hidrogênio e o radical hidroxila, que são correspondentes aos passos de uma redução por um, dois ou três elétrons respectivamente (JORDÃO JÚNIOR *et al.*, 1998).

Ainda que a principal fonte de radicais livres seja as mitocôndrias (LENAZ, 1998),

eles também podem originar-se das reações metabólicas do sistema imunitário, como na fagocitose de microrganismos infecciosos pelos polimorfonucleares e os macrófagos, que para destruir o agente agressor experimentam um aumento no consumo de oxigênio catalisado pela enzima NADPH, resultando no aumento da produção de ERO (MOREL; DOUSSIÈRE; VIGNAIS, 1991). Então, ainda que a atividade dos fagócitos seja indispensável, muitas vezes eles produzem um aumento excessivo de radicais livres nos tecidos infectados com consequente dano celular (DURAND, MACH, 2013).

No entanto, em condições celulares normais, há um equilíbrio entre a produção de radicais livres e a neutralização destes pelos sistemas antioxidantes. Quando tal equilíbrio tende para uma produção excessiva de radicais livres ou há uma deficiência dos sistemas antioxidantes, surge a condição de estresse oxidativo, a qual é prejudicial aos componentes celulares atingindo o indivíduo como um todo (CAROCHO; FERREIRA, 2013). Assim como foi descrito para os óleos e gorduras, a oxidação lipídica também ocorre no organismo sob estresse oxidativo e é representada por três fases: início, propagação e término (MELO; GUERRA, 2002). Entretanto, os compostos não radicais atacados pelos radicais livres gerados são principalmente os lipídios das membranas celulares e as lipoproteínas do plasma. Os agentes pró-oxidantes mais importantes são as EROs, embora também existam espécies reativas de nitrogênio (ERN) e ao enxofre (ERS), podendo ser considerados tóxicos ao funcionamento adequado da célula (HALLIWELL; GUTTERIDGE, 1984).

Devido às grandes quantidades de ácidos graxos poli-insaturados presentes na membrana das células e organelas celulares, esses componentes celulares são os mais atingidos pelas EROs, que lhes causam uma gama de lesões como: peroxidação lipídica, oxidação de receptores hormonais e de enzimas (LEONARDUZZI; SOTTERO; POLI, 2010). Como consequência disso, há alterações na estrutura, na permeabilidade das membranas celulares e perda da função metabólica (LEITE; SARNI, 2003), havendo liberação do conteúdo de organelas - como as enzimas hidrolíticas dos lisossomas - e formação de produtos citotóxicos - como o malondialdeído - culminando com a morte celular (HERSHKO, 1989), havendo fortes evidências de que o estresse oxidativo tem um papel importante na patogênese de muitas doenças (BAGCHI; PURI, 1998; KATARIA; KATARIA, 2012).

OXIDAÇÃO E QUALIDADE DA CARNE

A oxidação lipídica é o principal processo pelo qual ocorre a perda da qualidade da carne e seus produtos, depois da deterioração microbiana. Contudo, enquanto as reações deteriorativas, microbiológicas e/ou enzimáticas podem ser inibidas com o emprego de baixas temperaturas, a oxidação lipídica ocorre normalmente à temperatura de congelamento, embora numa velocidade reduzida (PIEDADE, 2007).

No pós-morte, enquanto mecanismos antioxidantes do músculo entram parcialmente em colapso devido à cessação do fluxo sanguíneo, as mudanças bioquímicas que ocorrem durante a conversão do músculo em carne favorecem à oxidação (MORRISSEY *et al.*, 1998; HARRIS *et al.*, 2001). Além do declínio do pH conferido pela glicólise, outras mudanças bioquímicas como alterações na compartimentalização celular, liberação de íons ferro, enzimas oxidantes e a propagação das reações oxidativas (SOUZA, 2011).

Processos oxidativos têm sido relacionados à ocorrência de carnes pálidas, moles e exsudativas (PSE), sendo cerca de 42% maior que na carne normal (MAGANHINI, 2007). Carne do tipo PSE é resultante de uma glicólise acelerada pós-morte que leva a valores de pH relativamente baixos (≤ 5.8), enquanto a temperatura da carcaça ainda permanece elevada (acima de 35°C). A rápida queda do pH favorece à desnaturação das proteínas miofibrilares e sarcoplasmáticas, aumentando a suscetibilidade a reações oxidativas, como também a perda excessiva de exsudato, comprometendo as propriedades funcionais, tecnológicas e sensoriais da carne (MAGANHINI *et al.*, 2007; BARBUT *et al.*, 2008). A instalação de carnes do tipo PSE tem sido relacionada à maior atividade da enzima fosfolipase A2 (CHEAH; CHEAH; WARING, 1986; CHEAH; CHEAH; KRAUSGRILL, 1995) induzida pelo processo inflamatório em resposta ao estresse pré-abate (EVANS *et al.*, 2001), como também a uma menor atividade da enzima glutathione peroxidase que compõe o sistema de defesa antioxidante do organismo (SANTOS *et al.*, 2012).

As alterações na compartimentalização celular que ocorrem no pós-morte são responsáveis pela liberação de íons cálcio (Ca^{2+}) que promovem o aumento da atividade de enzimas cálcio-dependente como a fosfolipase A2 (CHEAH; CHEAH; WARING, 1986; CHEAH; CHEAH; KRAUSGRILL, 1995) e as calpaínas (SANTOS *et al.*, 2008). A primeira é uma enzima lipolítica envolvida em processos inflamatórios, que catalisa a hidrólise de glicerofosfolipídios de membrana liberando ácido araquidônico e lisofosfolipídios (MURAKAMI; KUDO, 2002). Esta reação enzimática promove a formação de radicais livres a partir do ácido araquidônico comprometendo as membranas celulares do músculo e

induzindo o retículo sarcoplasmático a liberar mais Ca^+ (CHEAH; CHEAH, 1981; SOARES *et al.*, 2005).

Já as calpaínas são as principais enzimas responsáveis pela resolução do *rigor mortis*, por apresentarem um resíduo de cisteína oxidável, requerem a presença de agentes redutores para serem ativadas (KOOHARAIE, 1990). Dessa forma, condições oxidantes influenciam negativamente a atividade das calpaínas reduzindo a taxa de proteólise e resultando em carne mais duras (HARRIS *et al.*, 2001).

Durante a transformação do músculo em carne, a liberação do íon ferro favorece à oxidação da mioglobina, a mais abundante proteína ferro-dependente da carne, resultando em alteração na cor, de um vermelho brilhante – oximioglobina - para um marrom acinzentado - metamioglobina (SKIBSTED; MIKKELSEN; BERTELSEN, 1998; MAGANHINI *et al.*, 2007). No pós-morte com a acumulação de metamioglobina, há formação de intermediários reativos como o peróxido de oxigênio (H_2O_2), que contribuem para a formação de compostos carbonílicos (PARK *et al.*, 2006) que estão relacionados à diminuição da maciez da carne (ESTÉVEZ, 2011).

Como visto anteriormente, a produção de lipídios oxidados inclui a formação inicial de radicais livres, seguida de geração de produtos primários e secundários, como os radicais lipídicos e hidroperóxidos que podem reagir com peptídeos e aminoácidos livres, promovendo a formação de compostos carbonílicos (CHELH; GATELLIER; SANTÉ-LHOUELLIER, 2007), que são os principais marcadores da existência de constituintes proteicos oxidados na carne. Porém, reações específicas como em grupamentos sulfidril e na tirosina também são importantes alterações oxidativas, pois os grupamentos sulfidril são parte integrante do sítio ativo de enzimas reguladoras, relacionadas à manutenção da homeostase celular, como a glutathione peroxidase, glutathione reductase, inclusive as calpaínas. Com o comprometimento da ação dessas enzimas, há um aumento da oxidação acompanhada de perdas na qualidade e valor nutritivo da carne (LUND *et al.*, 2007).

Devido ao seu conteúdo de ácidos graxos insaturados, a carne suína é particularmente suscetível à deterioração oxidativa, a qual pode ser acelerada por processamentos tecnológicos anteriores à estocagem como o corte e o cozimento (GANHÃO; MORCUENDE; ESTÉVEZ, 2010), que rompem as membranas celulares do músculo facilitando a interação dos ácidos graxos insaturados com substâncias pró-oxidantes (PADILHA, 2007). O grau de insaturação dos ácidos graxos que compõem os lipídios é crucial na etapa de propagação e quanto mais insaturações apresentar o lipídio, mais susceptível e rápida será a rancidez oxidativa (PADILHA, 2007).

SISTEMAS DE DEFESA ANTIOXIDANTE

Os sistemas de defesa antioxidante têm a função de inibir e/ou reduzir os danos causados pela ação deletéria dos radicais livres ou das espécies reativas não-radicaais. De acordo com Koury e Donangelo (2003), tais ações podem ser alcançadas por meio de diferentes mecanismos de ação: impedindo a formação dos radicais livres ou compostos não-radicaais (sistemas de prevenção), impedindo a ação desses (sistemas varredores) ou, ainda, favorecendo ao reparo e a reconstituição das estruturas biológicas danificadas (sistemas de reparo).

Usualmente, o sistema de defesa antioxidante é dividido em enzimático e não-enzimático. Este é constituído por grande variedade de substâncias antioxidantes, que podem ter origem endógena ou dietética. Nesse sentido, os antioxidantes podem ser definidos como qualquer substância que, presente em menores concentrações que as do substrato oxidável, seja capaz de atrasar ou inibir a oxidação deste de maneira eficaz. Tais substâncias podem agir diretamente, neutralizando a ação dos radicais livres e espécies não-radicaais, ou indiretamente, participando dos sistemas enzimáticos (HALLIWELL; WHITEMAN, 2004).

Sistema de defesa enzimático

O sistema de defesa enzimático inclui as enzimas glutathione peroxidase (GPx), glutathione reductase (GR), superóxido dismutase (SOD) e catalase (CAT). Essas enzimas agem por meio de mecanismos de prevenção, impedindo e/ou controlando a formação de radicais livres e espécies não-radicaais envolvidos com a iniciação das reações em cadeia que culminam com propagação e amplificação do processo e, conseqüentemente, com a ocorrência de danos oxidativos (FERREIRA; MATSUBARA, 1997).

A GPx catalisa a redução do peróxido de hidrogênio às custas da oxidação da glutathione reduzida (SHAN; AW; JONES, 1990), enquanto a glutathione reductase recupera a glutathione oxidada, sendo uma enzima essencial para manter a integridade do sistema de defesa antioxidante (GILBERT; MC LEAN, 1990). Uma maior atividade da GR faz com que a glutathione oxidada seja rapidamente recuperada, apresentando-se em maior percentual em seu estado reduzido (RANUCCI *et al.*, 2015).

A SOD corresponde a uma família de enzimas com diferentes grupos prostéticos em sua composição, existindo duas formas nos sistemas eucariontes. A forma SOD-cobre-zinco está presente principalmente no citosol, enquanto a forma SOD-mangânês está

localizada primariamente na mitocôndria. Estas enzimas também têm papel antioxidante, já que catalisam a dismutação do radical superóxido em peróxido de hidrogênio (H_2O_2) e oxigênio, na presença do próton H^+ (ACHARYA, *et al.*, 1991). Enquanto a CAT converte o H_2O_2 produzido em água e oxigênio molecular (SAHOO *et al.*, 2015).

A expressão das enzimas glutatona dependentes é induzida em resposta ao estresse oxidativo (RODRIGUES NETO, 2010). Suínos em estado de estresse oxidativo causado por doença viral apresentaram aumento dos níveis séricos da catalase, da SOD, da GR e da xantina oxidase (KATARIA; KATARIA, 2012), sendo esta última considerada uma das principais fontes biológicas de espécies reativas ao oxigênio, produzindo peróxido de hidrogênio e radical superóxido (DEW; DAY; MORGAN, 2005), conferindo aumento de substrato para as enzimas catalase e SOD. Suínos submetidos a altas temperaturas também apresentaram aumento da atividade da catalase e da GR em resposta ao estresse oxidativo incrementado pelo aumento da frequência respiratória e consumo de oxigênio (KATARIA *et al.*, 2016). Já leitões sob estresse oxidativo causado pelo desmame apresentaram níveis séricos aumentados de malondialdeído e de radicais livres como o óxido nítrico e peróxido de hidrogênio, e ao contrário do que acontece em casos de enfermidade ou estresse térmico, observou-se diminuição da concentração de SOD, além disso, o estresse do desmame regulou negativamente a expressão gênica da GPx e da catalase (ZHU *et al.*, 2012), o que pode ter relação com a redução do consumo de ração ou até mesmo anorexia pós-desmame. Nesse sentido, condições estressantes, como no manejo pré-abate, podem induzir a alterações na atividade enzimática e consequentemente no estado antioxidante do animal apresentando reflexos sobre a saúde, podendo também afetar a qualidade da carne desses animais.

Sistema de defesa não-enzimático

O sistema de defesa não-enzimático inclui a glutatona, peptídeos de histidina, proteínas ligadas ao ferro (transferrina e ferritina), ácido dihidrolipóico, e os antioxidantes de origem dietética ou exógenos, classificados em antioxidantes sintéticos e naturais, que serão abordados em outro tópico (SUETSUNA, 2000; JE; PARK; KIM, 2005; BARBOSA *et al.*, 2010). Componentes do sistema de defesa não enzimático podem atuar como reguladores de enzimas do sistema enzimático, como precursores de moléculas com potencial antioxidante ou como receptores de radicais livres.

Amplamente distribuída em células animais, vegetais e em micro-organismos, a glutatona é um forte indicativo do estado fisiológico, pois quanto menor seu conteúdo,

maior a probabilidade da ocorrência de danos celulares (FORMAN; RINNA, ZHANG, 2009). A glutatona atua como agente neutralizador de radicais livres e ao mesmo tempo mantém a funcionalidade de antioxidantes exógenos como as vitaminas C e E. O estado nutricional, hormonal e situações de estresse são condicionantes dos níveis de glutatona reduzida (GSH). Em condições de estresse oxidativo a GSH converte-se em glutatona oxidada (GSSG) diminuindo a razão GSH/GSSG. A ação da GSH como antioxidante relaciona-se com o sistema de defesa antioxidante enzimático, sendo crucial a presença de GPx e GR (PENNINCKX, 2000). Em tecidos saudáveis, cerca de 90% da glutatona encontra-se na forma reduzida (RODRIGUES NETO, 2010), essa condição e a presença de outras moléculas antioxidantes são importantes para a manutenção da saúde e estabilidade oxidativa dos tecidos, principalmente do tecido muscular.

Anserina e carnosina são peptídeos de histidina com atividade antioxidante derivados do músculo esquelético animal e podem atuar como doadores de hidrogênio, capturando o radical peroxi-lipídico ou como agentes quelantes, inibindo a oxidação lipídica catalisada pelo ferro (HUANG; KUO, 2000). Park *et al.* (2001) ao estudarem a atividade antioxidante de peptídeos de histidina de gema de ovo, atribuíram essa atividade à habilidade quelante e de captura do radical lipídico pelo anel imidazol. Segundo Suetsuna (2000), dipeptídeos contendo histidina no carbono terminal apresentam alta atividade antioxidante, como alanina-histidina isolada por Tsuge *et al.* (1991) que também evidenciaram a atividade antioxidante do tripeptídeo alanina-histidina-lisina.

Já as proteínas ligadas ao ferro, a ferritina e a transferrina, se encarregam de manter as baixas concentrações intracelulares e extracelulares de ferro livre, minimizando as reações de geração de radicais livres catalisadas por esse metal (WELCH *et al.*, 2002; HERNÁNDEZ; CONTRERAS, 2010). Enquanto a transferrina é a proteína transportadora de ferro utilizado para o consumo celular, a ferritina armazena o ferro nos tecidos e seus níveis séricos se correlacionam com o ferro total (LADERO *et al.*, 2009; WANG *et al.*, 2010).

Outro antioxidante endógeno é o ácido α -lipóico e sua forma reduzida (ácido dihidrolipóico), que não só atuam como potentes neutralizadores de radicais livres e formadores de quelatos metálicos, mas também agem como sinergistas recuperando outros antioxidantes como a glutatona e vitaminas (BUSTAMANTE, *et al.*, 1998; MANTOVANI, *et al.*, 2003).

ANTIOXIDANTES EXÓGENOS

Os antioxidantes são definidos como substâncias empregadas para preservar alimentos por retardar deterioração, rancidez ou descoloração devido à oxidação (SIES; STAHL, 1995). De acordo com Bianchi e Antunes (1999), os antioxidantes atuam em diferentes níveis na proteção dos organismos. O primeiro mecanismo de defesa contra os radicais livres é impedir a sua formação, principalmente pela inibição das reações em cadeia. Além disso, os antioxidantes são capazes de interceptar os radicais livres gerados pelo metabolismo celular ou por fontes exógenas, impedindo o ataque sobre os lipídios, os aminoácidos das proteínas, as duplas ligações dos ácidos graxos poli-insaturados e as bases do DNA, evitando a formação de lesões e a perda da integridade celular. Assim, os antioxidantes podem agir diretamente na neutralização dos radicais livres ou participar indiretamente de sistemas enzimáticos com essa função (SHAMI; MOREIRA, 2004).

Segundo Bailey (1996), os antioxidantes podem ser classificados em primários, sinergistas, removedores de oxigênio, agentes quelantes e antioxidantes mistos. Os antioxidantes primários são compostos fenólicos que promovem a remoção ou inativação dos radicais livres formados durante a iniciação ou propagação da reação, através da doação de átomos de hidrogênio a essas moléculas, interrompendo a reação em cadeia (SIMIC; JAVANOVIC, 1994). Os antioxidantes principais e mais conhecidos deste grupo são os polifenóis, como butil-hidroxi-anisol (BHA), butil-hidroxitolueno (BHT), terc-butil-hidroquinona (TBHQ) e propilgalato (PG), de origem sintética e os tocoferóis, que são antioxidantes naturais (NAMIKI, 1990).

Os sinergistas são substâncias com pouca ou nenhuma atividade antioxidante, que podem aumentar a atividade dos antioxidantes primários quando usados em combinação adequada com eles (BAILEY, 1996). Compostos removedores de oxigênio atuam capturando o oxigênio presente no meio através de reações químicas estáveis tornando-o, conseqüentemente, indisponível para atuar como propagador da autooxidação. Os melhores exemplos deste grupo são o ácido ascórbico, seus isômeros e derivados. O ácido ascórbico pode atuar também como sinergista na regeneração de antioxidantes primários, como a vitamina E (BELITZ; GROSCH, 1988; BAILEY, 1996).

Os agentes quelantes ou sequestrantes complexam íons metálicos, principalmente cobre e ferro, que catalisam a oxidação lipídica. Um par de elétrons não compartilhado na sua estrutura molecular promove a ação de complexação, sendo os mais comuns, o ácido cítrico e seus sais, fosfatos e sais de ácido etilenodiamino tetra-acético, o EDTA (LABUZA, 1971; BAILEY, 1996). Os antioxidantes mistos incluem compostos de plantas e animais que

têm sido amplamente estudados como antioxidantes em alimentos, entre eles estão os flavonoides e derivados de ácido cinâmico (BAILEY, 1996). Os antioxidantes exógenos podem ainda ser classificados quanto à sua origem, em sintéticos e naturais.

Antioxidantes sintéticos

O BHA, BHT, PG e TBHQ são os antioxidantes sintéticos mais utilizados na indústria de alimentos, devido ao menor custo e sua eficiente ação. São denominados de antioxidantes primários, atuando na etapa da iniciação da oxidação lipídica, devido a sua estrutura fenólica são potentes doadores de prótons hidrogênio, neutralizando radicais livres (BUCK, 1981; GIESE, 1996).

A estrutura fenólica destes compostos permite a doação de um próton a um radical livre, regenerando assim, a molécula do acilglicerol e interrompendo o mecanismo de oxidação por radicais livres. Dessa maneira, os derivados fenólicos transformam-se em radicais livres. Entretanto, estes radicais podem se estabilizar sem promover ou propagar reações de oxidação (BUCK, 1981). O BHA é o antioxidante mais efetivo na supressão da oxidação em gorduras animais que em óleos vegetais. Como a maior parte dos antioxidantes fenólicos, sua eficiência é limitada em óleos insaturados de vegetais ou sementes, mas é particularmente efetivo no controle de oxidação de ácidos graxos de cadeia curta, como aqueles contidos em óleo de coco e palma. Já o BHT tem propriedades similares ao BHA, diferindo quanto ao fato de o BHA ser um sinergista para propilgalatos e o BHT é um sinergista, regenerando radicais BHA. Tanto o BHA como o BHT podem conferir odor em alimentos quando aplicados em altas temperaturas como em condição de fritura, por longo período (BAILEY, 1996).

Os antioxidantes sintéticos são utilizados principalmente para prevenir a oxidação dos nutrientes, principalmente os de natureza lipídica, e podem melhorar a estabilidade oxidativa nos tecidos animais (FREITAS *et al.*, 2012; FREITAS *et al.*, 2015). Entretanto, quando utilizado em níveis permitidos na alimentação animal (150 ppm) não interferem diretamente na estabilidade oxidativa da carne de suínos nem na conservação da cor da carne armazenada por longos períodos, mas podem afetar positivamente os parâmetros da análise sensorial de odor e sabor (HANCZAKOWSKA; SWIATKIEWICZ; GRELA, 2015).

A adição de 200 ppm de BHT na ração de frangos de corte proporcionou maior estabilidade lipídica da carne do peito *in natura* e da carne armazenada a -20 °C por 90 dias, mensurada pelas substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (FREITAS *et al.*, 2012; FREITAS *et al.*, 2015). Lin *et al.* (1989) também observaram melhora na qualidade da carne

(resistência à oxidação) de frangos alimentados com rações que continham BHT ou BHA. Parke e Lewis (1992) relatam em sua revisão a boa capacidade dos antioxidantes sintéticos em preservar as características sensoriais dos alimentos, bem como garantir proteção contra as EROs, substâncias de grande risco para a saúde.

Embora alguns autores defendam que as dosagens normalmente utilizadas de BHA e BHT são seguras (KAHL; KAPPUS, 1993), estudos relacionam os antioxidantes sintéticos com alterações hepáticas e mutagênicas quando utilizados em altas concentrações (DURÁN; PADILLA, 1993). Por esses motivos, o uso destes antioxidantes em óleos e gorduras é limitado, no Brasil é controlado pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (BRASIL, 2005). Os indícios de problemas que podem ser provocados pelo consumo de antioxidantes sintéticos têm impulsionado as pesquisas sobre produtos naturais com atividade antioxidante, os quais permitirão substituir os sintéticos ou fazer associações entre eles, com intuito de diminuir sua quantidade nos alimentos (SOARES, 2002).

Antioxidantes naturais

A partir do início dos anos 80, o interesse em encontrar antioxidantes naturais para o emprego em produtos alimentícios ou para uso farmacêutico aumentou consideravelmente, com o intuito de substituir os antioxidantes sintéticos (MELO; GUERRA, 2002). Entre os antioxidantes naturais mais utilizados podem ser citados os tocoferóis e os compostos fenólicos de plantas. O tocoferol, por ser um dos melhores antioxidantes naturais, é amplamente aplicado como meio para inibir a oxidação dos óleos e gorduras comestíveis, prevenindo a oxidação dos ácidos graxos insaturados (JORGE; GONÇALVES, 1998). Os tocoferóis estão presentes de forma natural na maioria dos óleos vegetais brutos, em alguns tipos de pescado e atualmente são fabricados por síntese. A atividade antioxidante dos tocoferóis é principalmente devida à capacidade de doar seus hidrogênios fenólicos aos radicais livres lipídicos interrompendo a propagação em cadeia. (RAMALHO; JORGE, 2006).

Várias substâncias têm sido isoladas de diferentes partes de plantas, tais como sementes, frutas e folhas, e seu potencial antioxidante se deve, principalmente aos compostos fenólicos presentes em sua composição (MARTINS *et al.*, 2011; HUBER *et al.*, 2012). Diversos compostos fenólicos já foram caracterizados quimicamente e apresentam ação antioxidante comprovada *in vitro* e alguns apresentam não só atividade antioxidante, mas também atividade anti-inflamatória, antimicrobiana e anticarcinogênica (MARTINS *et al.*, 2011; HUBER *et al.*, 2012).

COMPOSTOS FENÓLICOS

Os compostos fenólicos estão presentes nos vegetais na forma livre ou ligados a açúcares (glicosídeos) e proteínas, eles englobam desde moléculas simples até outras com alto grau de polimerização (SOARES, 2002). Há uma grande variedade desses compostos, sendo difícil estimar o teor quantitativo nos tecidos das plantas de modo geral, pois a cada espécie vegetal está associada uma determinada família de compostos fenólicos, cujos teores aumentam com a idade e variam de acordo com a parte das plantas. Nesse contexto, as substâncias fenólicas mais encontradas em plantas são os ácidos fenólicos, as cumarinas, os flavonóides, os taninos e as xantonas (SANTOS *et al.*, 2001).

Os ácidos fenólicos caracterizam-se pela presença de um anel benzênico, um grupamento carboxílico e um ou mais grupamentos de hidroxila e/ou metoxila na molécula, que conferem propriedades antioxidantes (FERGUSON; HARRIS, 1999). São divididos em dois grupos, o primeiro é composto pelos ácidos benzóicos, que possuem sete átomos de carbono e são os ácidos mais simples encontrados na natureza, representados pelos ácidos gálico e elágico, sendo este o derivado dimérico do ácido gálico e ambos são precursores de taninos hidrolisáveis e de polifenóis (SIMÕES *et al.*, 2007). O segundo grupo é formado pelos ácidos cinâmicos, que possuem nove átomos de carbono, sendo os mais comumente encontrados no reino vegetal. Já as cumarinas são derivadas do ácido cinâmico por ciclização da cadeia lateral do ácido *o*-cumárico (SOARES, 2002).

Os flavonóides são considerados um dos maiores grupos de metabólitos secundários das plantas sendo encontrados amplamente em frutas, folhas, chás e vinhos. São pigmentos naturais importantes e nas plantas têm como função principal proteger estes organismos contra agentes oxidantes (LOPES *et al.*, 2010). Basicamente, todos os flavonóides são constituídos por três anéis, onde os seus carbonos podem sofrer variações químicas, como hidroxilação, hidrogenação, metilação e sulfonação, proporcionando a formação de mais de quatro mil compostos flavonoides, que são agrupados em classes (GEORGIEV; ANANGA; TSOLOVA, 2014).

Suas principais classes são as antocianinas, encontradas predominantemente em frutas e flores e têm como principais representantes a cianidina, delphinidina e a peonidina; as flavanas, encontradas em frutas, chás, lúpulo, nozes e água de coco, representadas pelas catequinas, epicatequinas, luteoforol e proceanidinas; as flavonas, encontradas nas frutas cítricas, sendo a hesperidina e a naringerina seus principais representantes; os flavonóis, presentes nas frutas e folhas, representados pelas quercetinas, rutinas, micertinas e canferóis;

e por último os isoflavonoides, também chamados de isoflavonas, encontrados em legumes e representados principalmente pela daidzeína e genisteína (LAZARY, 2010).

Já os taninos são polifenóis que apresentam alta afinidade para se ligarem a proteínas e metais (GODOY, 2007), sendo classificados em taninos hidrolisáveis e taninos condensados. Os taninos hidrolisáveis, como galotaninos e elagitaninos, após hidrólise produzem ácidos fenólicos, os ácidos gálico e elágico, já os condensados são resistentes à hidrólise, sendo potentes inibidores de enzimas, responsáveis pela adstringência de muitos frutos e outros vegetais, além de reduzirem a digestibilidade de alguns ingredientes (SILVA; SILVA, 1999; SIMÕES *et al.*, 2007).

E por último as xantonas, que são compostos fenólicos amarelados largamente distribuídos entre angiospermas, fungos e samambaias como C-glicosídeos. São compostos de síntese mista, derivados da via do ácido chiquímico-acetato, apresentando a benzofenona como um dos intermediários de sua síntese. A presença de hidroxilas no núcleo xantona contribui para uma maior atividade antioxidante, podendo atuar como quelantes de metais, capturar radicais livres e impedir a oxidação lipídica (SATO *et al.*, 1992). Segundo Vieira e Killoa (2005), as xantonas são divididas em seis grandes grupos: xantonas simples (fusarindina), xantonas glicosiladas (mangiferina), xantonas preniladas (mangostina), xantonolignóides (kielcorina), bisxantonas (globulixantona E) e as xantonas miscelâneas (xantofulvina).

Tendo em vista a grande variedade de compostos fenólicos presentes nos vegetais, quando se pretende avaliar a atividade antioxidante de um extrato vegetal, em muitos casos são necessárias maiores quantidades desse extrato para se obter a equivalência de atividade antioxidante com os antioxidantes sintéticos como o BHA e BHT. Uma explicação para isto é que devido ao extrato ser bruto, parte dele é constituída por compostos, em quantidades variáveis que não apresentam atividade antioxidante, enquanto os antioxidantes sintéticos são substâncias puras (HUBER *et al.*, 2012). Entretanto, muitos autores relatam que os extratos vegetais possuem propriedade antioxidante que em alguns casos exercem melhor efeito antioxidante que o observado pelos antioxidantes sintéticos nas mesmas concentrações (OOMAH; KENASCHU; MAZZA, 1995; RICHHEIMER *et al.*, 1996; FREITAS *et al.*, 2015), o que pode estar relacionado ao efeito sinérgico entre seus componentes. Segundo Zheng e Wang (2001), é bastante difícil caracterizar cada composto presente nos extratos vegetais e avaliar ou comparar sua atividade antioxidante, sendo que em seu estudo, a atividade antioxidante de alguns extratos fora atribuída a substâncias não identificadas ou a possível existência de interações sinérgicas entre compostos.

Atividade antioxidante dos compostos fenólicos

Quase todos os extratos obtidos de vegetais são extremamente complexos em sua composição, em função da presença de uma grande variedade de compostos, tornando-se difícil a análise dos seus componentes bioativos, sendo geralmente a bioatividade atribuída ao constituinte majoritário nestes complexos, mas, que também pode ser atribuída à ação sinérgica ou antagônica de vários componentes presentes em um extrato vegetal (BURT, 2004).

Os antioxidantes fenólicos funcionam como sequestradores de radicais (PRIOR *et al.*, 2000) e, algumas vezes, como quelantes de metais (SHAHIDI; JANITHA; WANASUNDARA, 1992; SILVA *et al.*, 1998), agindo tanto na etapa de iniciação como na propagação do processo oxidativo. Os produtos intermediários formados pela ação destes antioxidantes são relativamente estáveis, devido à ressonância do anel aromático apresentada por estas substâncias (NAWAR, 1985). Dessa forma, os compostos fenólicos de plantas podem reter ou retardar o início da oxidação lipídica, influenciando tanto na decomposição de hidroperóxidos nos alimentos, como também, em tecidos animais (PAIVA-MARTINS *et al.*, 2009).

Utilização de compostos fenólicos na conservação de lipídios

Diversos autores realizaram estudos visando verificar o potencial antioxidante dos compostos fenólicos, com o objetivo de substituir os antioxidantes sintéticos, largamente utilizados na conservação de alimentos lipídicos por aumentarem a vida útil de muitos produtos (DURÁN, PADILLA, 1993; GADOW; JOUBERT; HANSMANN, 1997; SHIMANO, 2012).

A fim de minimizar a oxidação de óleos comestíveis durante o processamento e armazenamento, recomenda-se diminuir a temperatura, ausência de luz e oxigênio, remover metais e compostos oxidados, e usar concentrações adequadas antioxidantes, tais como tocoferóis e compostos fenólicos (CHOE; MIN, 2006).

Em um estudo para avaliação do potencial dos ácidos cafeico e protocatequínico em banha, na concentração de 200 mg/kg, utilizando temperatura de 90°C, esses ácidos apresentaram atividade antioxidante maior que o tocoferol e o BHT na mesma concentração (GADOW; JOUBERT; HANSMANN, 1997).

Extratos de manjeriço, sálvia, entre outros, têm demonstrado efeito protetor sobre a oxidação de diversos produtos lipídicos como os óleos vegetais (BABOVIC *et al.*, 2010; HERNÁNDEZ-HERNÁNDEZ *et al.*, 2009; RAVELLI, 2011). As misturas de extratos hidroalcóolicos de alecrim, orégano e tomilho apresentam um potencial de aplicação como antioxidante de óleos vegetais e alimentos de base lipídica, sendo as misturas contendo extrato alecrim mais efetivas em retardar a ocorrência do processo oxidativo no óleo de soja (SHIMANO, 2012).

Ingestão e mecanismos de ação de compostos fenólicos

O desempenho dos antioxidantes *in vivo* depende de alguns fatores, tais como: tipos de radicais livres formados; onde e como são gerados esses radicais livres; análise e métodos para a identificação dos danos causados pelos radicais livres; e doses ideais de antioxidantes para se obter proteção contra os radicais livres gerados (BIANCHI; ANTUNES, 1999).

Compostos fenólicos administrados através da alimentação são absorvidos pelo trato intestinal de suínos, distribuídos e metabolizados em diversos órgãos e fluidos (BOCK; WALDMANN; TERNES, 2008; AZORIN-ORTUÑO *et al.*, 2011). Azorin-Ortuño *et al.* (2011) detectaram resveratrol e seus metabolitos em vários órgãos e fluidos de suínos, incluindo músculo e plasma, seis horas após a administração intragástrica de resveratrol (5,9 mg/kg de peso corporal). Da quercetina administrada a suínos na dosagem de 50 mg/ kg de peso vivo, após a digestão quase toda a quercetina absorvida foi metabolizada a exceção de uma pequena fração (0,54%) biodisponível na forma inalterada, enquanto seus metabólitos somaram 17% do total administrado (ADER; WESSMANN; WOLFFRAM, 2000). Segundo Serafini, Maiani e Ferro-Luzzi (1998), o consumo de alimentos ricos em flavonoides causa um aumento transitório nos níveis plasmáticos de compostos fenólicos e na capacidade antioxidante, apresentando seu valor mais alto depois de 50 min, diminuindo após 2 h da ingestão. A meia vida plasmática dos compostos fenólicos varia de acordo com o composto em questão e seus metabólitos e ao tipo de metabolização que sofrem. Enquanto alguns metabólitos são eliminados rapidamente por via renal, já os metabólitos conjugados persistem no organismo por um longo período devido à circulação entero-hepática ativa (SHAHRZAD *et al.*, 2001; ESPIN *et al.*, 2007).

No organismo, além de sua capacidade antioxidante os compostos fenólicos desempenham função preventiva na oxidação das lipoproteínas de baixa densidade (LDL). Deste modo, anulam os efeitos negativos destas lipoproteínas sobre as células (MARTÍNÉZ-FLORES *et al.*, 2002). Apresentam atividade em meio aquoso devido à estrutura polifenólica

hidroxilada. Podem também neutralizar ânions superóxidos produzidos por via química ou enzimática (YILMAZ; TOLEDO, 2004). Alguns compostos fenólicos apresentam também a capacidade de eliminar os processos de peroxidação lipídica do ácido linoleico e dos fosfolípidios das membranas, bem como a peroxidação dos glóbulos vermelhos (MARTINÉZ-FLORES *et al.*, 2002).

Os compostos fenólicos também exercem seus efeitos antioxidantes através de outros mecanismos. Primeiramente, podem agir como inibidores de enzimas responsáveis pela produção do ânion superóxido como a xantina-oxidase (HANASAKI; OGAWA; FUKUI, 1994), a proteína quinase C (URSINI *et al.*, 1994), a ciclo-oxigenase, a lipo-oxigenase, a mono-oxigenase microssomal, a glutathione S-transferase, a succino-oxidase mitocondrial e a NADH oxidase, todas envolvidas na geração de espécies reativas de oxigênio (KORKINA; AFANAS'EV, 1997). Além disso, atuam como quelantes de metais bivalentes, os quais desempenham um papel importante no metabolismo do oxigênio, como captadores de espécies reativas ao oxigênio e como participantes da regulação da atividade de enzimas antioxidantes (VAN ACKER *et al.*, 1996).

Efeitos da adição de compostos fenólicos à ração sobre o desempenho de animais

Os flavonóides, miricetina, quercetina e canferol, e as flavonas, apigenina e luteolina são os compostos mais amplamente distribuídos nos alimentos e, portanto, os mais investigados em estudos sobre compostos ativos (OLIVEIRA *et al.*, 2009). Em suínos têm-se estudado a adição de folhas de plantas (PAIVA-MARTINS *et al.*, 2009) e de extratos vegetais (RANUCCI *et al.*, 2015) como fontes de compostos fenólicos na dieta, além do polifenóis: resveratrol (AZORIN-ORTUÑO *et al.*, 2011; ZHANG *et al.*, 2015), verbascose (ROSSI *et al.*, 2014) e mangiferina (BOCK; WALDMANN; TERNES, 2008).

Em geral, compostos fenólicos de plantas não afetam o desempenho zootécnico de suínos (ROSSI *et al.*, 2010; HE; WANG; WANG, 2010; SILVA *et al.*, 2013; HANCZAKOWSKA; SWIATKIEWICZ; GRELA, 2015; RANUCCI *et al.*, 2015). No entanto, quando há uso de partes de plantas na alimentação de suínos como fonte de compostos fenólicos, folhas, por exemplo, observa-se redução no ganho de peso e piora da conversão alimentar, devido ao incremento da fibra dietética e ao conteúdo de taninos (PAIVA-MARTINS *et al.*, 2009; NDOU; KHANYILE; CHIMONYO, 2015).

Yan, Meng e Kim (2011) observaram efeitos positivos da adição de extrato de trigo mourisco, cúrcuma, pimenta preta e gengibre na ração sobre o desempenho de suínos na fase de crescimento, animais que consumiram ração adicionada de extrato apresentaram

aumento do consumo de ração e do ganho de peso.

Bioflavonóides presentes em frutas (quercetina, rutina e naringenina) podem ser palatáveis e também resultar em aumento do consumo de ração e consequente ganho de peso, porém, sem efeitos sobre a conversão alimentar (BENAVENTE-GARCIA *et al.*, 1997; ADER; WESSMANN; WOLFFRAM, 2000; LEHNEN *et al.*, 2012).

Efeitos fisiológicos da adição de compostos fenólicos à ração de suínos

Os compostos fenólicos presente ou adicionados intencionalmente nas rações podem reforçar os mecanismos de defesa antioxidante do organismo devido a propriedades inerentes aos metabólitos gerados após ingestão, seja protegendo os enterócitos da ação de radicais livres, seja poupando vitamina E ou prevenindo o estresse oxidativo (LUEHRING; BLANK; WOLFFRAM, 2011; ZHU *et al.*, 2012; ZHANG *et al.*, 2014).

Suplementos fitogênicos podem substituir parcialmente a vitamina E na ração de animais. O flavonoide quercetina pode atuar como poupador de vitamina E, apresentando efeito antioxidante sobre a peroxidação lipídica em suínos em crescimento (LUEHRING; BLANK; WOLFFRAM, 2011).

A administração de uma mistura de antioxidantes – vitamina E e C, polifenóis de chá, ácido lipoico e antioxidantes de origem microbiana – à ração de leitões recém desmamados foi eficiente em reforçar o sistema de defesa antioxidante desses animais. Os antioxidantes adicionados à ração dos leitões atuaram na redução da produção de espécies reativas ao oxigênio, como o óxido nítrico e peróxido de hidrogênio, e no controle da oxidação lipídica do soro. Além disso, permitiu o incremento da atividade de enzimas digestivas e antioxidantes, tais como a catalase, glutathione peroxidase, pepsinogênio e sacarose-isomaltase e a melhor conservação da estrutura intestinal (ZHU *et al.*, 2012).

Zhang *et al.* (2014) observaram que a suplementação de leitões com uma mistura de compostos fenólicos de maçã, uva, chá verde e folhas de azeitona afetou favoravelmente a atividade antioxidante do plasma, atuando no controle da oxidação lipídica do soro, traduzido pela redução dos níveis séricos de malondialdeído. Polifenóis do vinho associados a uma dieta rica em ácidos graxos poliinsaturados contribuíram para aumento das defesas antioxidantes, por meio do aumento das concentrações de antioxidantes séricos e para a diminuição dos níveis séricos de espécies reativas ao oxigênio, triglicerídeos e colesterol e para uma melhor preservação da função hepática (MEINER *et al.*, 2015). Extrato de orégano quando adicionado à alimentação aumentou quantidade de compostos antioxidantes no soro suíno, sendo necessário para isto, um consumo a longo prazo (155 dias) e essa maior

capacidade antioxidante do soro sugere melhora na qualidade da carne de suínos (RANUCCI *et al.*, 2015).

Efeitos da adição de compostos fenólicos na ração sobre a carne

Extratos vegetais a base de orégano e da mistura de sálvia, urtiga, erva-cidreira e *coneflower*, quando foram adicionados à alimentação de suínos, mostraram efeitos positivos sobre a conservação ao manter a estabilidade oxidativa da carne congelada por 5 a 8 meses de armazenamento, sugerindo certo tipo de proteção contra a oxidação (HANCZAKOWSKA; SWIATKIEWICZ; GRELA, 2015; RANUCCI *et al.*, 2015). Extrato a base de sálvia, urtiga, erva-cidreira e *coneflower* quando foi adicionado à ração conferiu maior estabilidade da cor da carne de suínos confirmando sua capacidade antioxidante que pode estar relacionada a uma menor oxidação proteica da carne (HANCZAKOWSKA; SWIATKIEWICZ; GRELA, 2015).

O extrato de orégano e o resveratrol podem interferir na atividade de enzimas do sistema antioxidante dos suínos, aumentando sua atividade (RANUCCI *et al.*, 2015; ZHANG *et al.*, 2015), inclusive sua expressão gênica (ZHANG *et al.*, 2015). Maiores atividades de GPx e de glutathione redutase (GR) foram detectadas no músculo de suínos que consumiram ração adicionada de extrato de orégano, rico em compostos fenólicos, sugerindo aumento da capacidade antioxidante e consequentemente da vida de prateleira de carne (RANUCCI *et al.*, 2015).

A suplementação dietética de resveratrol em suínos é capaz de aumentar a atividade antioxidante total, atividade da glutathione peroxidase (GPx) e nível de RNA mensageiro GPx no músculo, que indicam uma capacidade antioxidante melhorada. Além disso, a redução do conteúdo de MDA no músculo foi observada como resultado da suplementação resveratrol dietético, sugerindo diminuição da peroxidação lipídica, resultado do aumento da capacidade antioxidante (ZHANG *et al.*, 2015).

Rossi *et al.* (2014) relataram uma associação benéfica entre vitamina E e o polifenol verbacose, que ao ser administrada a suínos, resultou em maior peso final e na redução dos fenômenos oxidativos na carne com aumento do prazo de validade desta. Isso demonstra o potencial dos polifenóis sobre a melhoria da qualidade da carne suína.

A alimentação interfere diretamente nos níveis de compostos fenólicos presentes dos tecidos de suínos. Suínos ibéricos que se alimentam basicamente de bolotas que são ricas em compostos fenólicos, apresentam também maiores teores de compostos fenólicos na gordura subcutânea (GONZÁLEZ *et al.*, 2007).

RESÍDUO DA MANGA - *Mangifera indica* L

A manga (*Mangifera indica* L.) é uma fruta tropical cuja parte da produção de frutos é processada para a produção de polpa, sucos, néctar e pedaços enlatados, entre outros (AJILA *et al.*, 2007), produzindo grande volume de resíduos com potencial para uso direto na alimentação animal (VIEIRA *et al.*, 2008) ou como fonte de compostos antioxidantes (ABDALLA *et al.*, 2007; BARRETO *et al.*, 2008; RIBEIRO *et al.*, 2008). A proporção de cascas e caroços da fruta varia de 20 a 30% e de 10 a 30%, respectivamente (LARRAURI *et al.*, 1996).

Devido à grande quantidade de resíduos que são gerados com o processamento da fruta, pesquisas foram realizadas com o objetivo de utilizar os resíduos de manga na alimentação animal, sendo possível a utilização do óleo e da farinha da amêndoa da semente de manga na alimentação de monogástricos sem prejudicar o desempenho desses animais (RUKIMINI; VIJAYARAGHAVAN, 1984; OKAI; ABOAGYE, 1990). O resíduo de manga pode ser utilizado na alimentação de frangos de corte, porém a inclusão deve ser limitada ao nível de 5%, pois inclusões maiores, devido ao elevado conteúdo de taninos e fibras, causam piora da conversão alimentar e diminuição do ganho de peso das aves (VIEIRA *et al.*, 2008). No entanto, outros estudos têm destacado o resíduo de manga como importante fonte de compostos fenólicos, que apresentam elevada atividade antioxidante *in vitro* e resultados promissores quando utilizado na alimentação animal (BARRETO *et al.*, 2008; RIBEIRO *et al.*, 2008; FREITAS *et al.*, 2015).

Extratos da manga e metabolismo *in vivo* de seus principais compostos fenólicos

A quantidade de fenólicos totais do farelo do resíduo de manga representa cerca de 5% da matéria seca do resíduo (VIEIRA *et al.*, 2008), sendo maior nos caroços, cerca de 8,25% (RIBEIRO *et al.*, 2008). A quantidade de compostos fenólicos da manga é alterada de acordo com a variedade e a parte da planta, sendo maiores valores encontrados nas folhas, seguidas do caroço e em menor quantidade na casca (BARRETO *et al.*, 2008; RIBEIRO *et al.*, 2008; FREITAS *et al.*, 2015).

O extrato metanólico de folhas de mangueira (*Mangifera indica*) apresenta além da atividade antioxidante, uma importante atividade anti-inflamatória *in vitro* e um efeito hipoglicêmico (ADERIBIGBE; EMUDIANUGHE; LAWAL, 1999; MOHAN *et al.*, 2013). As folhas de mangueira apresentam em sua composição a mangiferina, como composto

bioativo, e a homomangiferina como principais compostos fenólicos (SUBBARAYAN; CAMA, 1966; SUBHA; PANDEY; SINGH, 2007).

A atividade antioxidante do extrato da casca da manga é atribuída à grande quantidade de compostos fenólicos e pigmentos presentes na sua composição (AJILA *et al.*, 2007). É relatado que a casca da manga contém ácido protocateico, catequina, mangiferina, ácido quínico, ácido xiquímico e os triterpenoides tetracíclicos (SCARTEZZINI; SPERONI, 2000). Maiores concentrações do extrato da casca da manga são necessárias para obter uma equivalência de atividade antioxidante com o BHT (HUBER *et al.*, 2012). Já o extrato etanólico da amêndoa da manga apresentou atividade antioxidante similar ao BHT e ao trolox (análogo da vitamina E) na concentração de 200 ppm (MARTINS *et al.*, 2011).

Barreto *et al.* (2008), ao avaliarem o extrato metanólico do caroço da manga de variedades cultivadas no Brasil, observaram riqueza de compostos fenólicos como galatos e galotaninos (89,50 %), mangiferina (10,03 %) e ácido elágico (0,47 %). Estes apresentam elevado potencial antioxidante *in vitro*, inclusive maior que o potencial antioxidante do trolox ou do ácido ascórbico.

Os galotaninos e o seu principal metabólito, o ácido gálico, apresentam elevada atividade antioxidante e atividade antiproliferativa significativa, podendo servir como agentes anticancerígenos naturais (LUO *et al.*, 2014). Em humanos, a absorção do ácido gálico é rápida, bem como sua eliminação, apresentando baixas concentrações (1,83 a 2,09 mmol/ L de plasma) e meia vida plasmática curta, de aproximadamente uma hora. Na urina, da quantidade recuperada de ácido gálico, 60% foi metabolizada a ácido 4-o-metilgálico, entretanto não há informações sobre se este metabólito pode contribuir para efeitos antioxidantes no organismo (SHAHRZAD *et al.*, 2001).

A mangiferina é a mais importante xantona presente no extrato etanólico do caroço de manga, quando administrada a suínos na concentração de 74 mg/kg de peso vivo, seus metabolitos puderam ser determinados no soro desses animais na concentração que variou de 7,8 a 11,8 µmol/L após 9 e 11 dias de administração respectivamente, cerca de 8,2% da dose foi determinada nas fezes e 2% na urina. A mangiferina administrada via oral é hidrolisada por bactérias intestinais produzindo a aglicona de mangiferina, que é absorvida e transportada na circulação conjugada a proteínas podendo contribuir para efeitos antioxidantes no organismo. Na urina foram encontrados três metabólitos da mangiferina: metilados da mangiferina, aglicona de mangiferina e noratiriol, o principal metabólito produzido *in vivo*. A eliminação renal é lenta persistindo por mais de 72 horas após última administração (BOCK; WALDMANN; TERNES, 2008). A mangiferina apresenta elevado

potencial antioxidante *in vitro*, há relatos de que a administração de mangiferina via oral restaura o conteúdo de GSH celular em até 60%, tornando o organismo menos suscetível ao estresse oxidativo (AMAZZAL *et al.*, 2007). A mangiferina na dose de 10 e 20 mg / kg também apresenta potentes propriedades antidiabéticas, anti-hiperlipidêmicas e antiaterogênicas (MURUGANANDAN *et al.*, 2005).

O ácido elágico, presente em menor quantidade no extrato metanólico do caroço de manga, ao ser administrado via oral é metabolizado pela microbiota intestinal gerando urolitinas que são absorvidas pelo organismo (GARCIA-VILLALBA *et al.*, 2013). Baixas concentrações de ácido elágico na forma livre são encontradas no plasma e nos tecidos, enquanto urolitinas e seus conjugados podem se acumular em diferentes tecidos (GONZALEZ-BARRIO *et al.*, 2011). Metabólitos conjugados foram detectados na bile de suínos ibéricos, confirmando uma circulação entero-hepática ativa, responsável por sua longa persistência no organismo (ESPIN *et al.*, 2007). Embora o principal fator limitante para o ácido elágico exibir atividade metabólica *in vivo* seja sua baixa biodisponibilidade, a suplementação alimentar com este composto tem sido relacionada a atividades anti-inflamatória e antioxidante (KANG, 2015).

Efeitos da utilização dos extratos da manga como antioxidantes para animais de produção

Devido as características e biodisponibilidade de seus principais compostos fenólicos, representados pelos galotaninos, mangiferina e ácido elágico, o mecanismo de ação antioxidante predominante do EECM é a transferência de elétrons seguida da perda de prótons em fase aquosa (STEPANIC *et al.*, 2013).

Extratos etanólicos da casca e do caroço da manga apresentam elevado potencial antioxidante *in vitro*, quando utilizados na alimentação de poedeiras e de frangos de corte na concentração de 200 e 400 ppm foram eficientes no controle da oxidação lipídica da gema e da carne do peito respectivamente, além disso produtos formulados com a carne desses animais também apresentaram melhor controle da oxidação lipídica durante o armazenamento (BORGES, 2009; FREITAS *et al.*, 2012; FREITAS *et al.*, 2013; FREITAS *et al.*, 2015).

Os extratos etanólicos da casca e do caroço da manga empregados na alimentação de frangos de corte na concentração de 200 e 400 ppm não apresentaram efeitos sobre o desempenho, porém foram eficientes no controle da oxidação lipídica da carne do peito armazenada tanto a 4°C por 15 dias quanto a -20°C por 90 dias (FREITAS *et al.*, 2012;

FREITAS *et al.*, 2015; BORGES, 2009). Extratos etanólicos da manga adicionados à ração de frangos de corte ajudam no controle da oxidação lipídica de produtos cárneos formulados com a carne desses animais (coxas e sobrecoxas), dessa forma os antioxidantes incorporados na carne de frangos através da alimentação foram eficientes mesmo depois do processamento térmico das mortadelas (BORGES, 2009).

Em todos esses trabalhos sobre os extratos etanólicos de manga, o extrato do caroço mostrou-se mais efetivo no controle da oxidação lipídica *in vivo* que o extrato da casca da manga (FREITAS *et al.*, 2012; FREITAS *et al.*, 2013). Partindo dessa premissa, é provável que a adição de EECM como antioxidante na ração de suínos possa proteger os nutrientes da ração da rancidez oxidativa, reforçar os sistemas de defesa antioxidante dos suínos, reduzir os danos oxidativos que ocorrem no período pós-morte e durante o armazenamento da carne, melhorando parâmetros qualitativos da carne e de embutidos elaborados com a carne desses animais.

REFERÊNCIAS

- ABDALLA, A.E.M. DARWISH, S.M. AYAD, E.H.E. EL-HAMAHMY, R.M. Egyptian mango by-product 2: antioxidant and antimicrobial activities of extract and oil from mango seed kernel. **Food Chemistry**, v.103, n.4, p.1141-115, 2007.
- ACHARYA, J.; PUNCHARD, N.A.; TAYLOR, J.A.; THOMPSON, R.P.H.; PEARSON, T.C. Red cell lipid peroxidation and antioxidant enzymes in iron deficiency. **European Journal of Haematology**, v.47, p.287-291, 1991.
- ADAMS, C.A. **Nutricines: food components in health and nutrition**. Nottingham: Nottingham University Press. 1999. p.11-32.
- ADEOLA, O.; ORBAN, J.I. Chemical composition and nutrient digestibility of pearl millet (*Pennisetum glaucum*) fed to growing pigs. **Journal of Cereal Science**, v.22, p.177-184, 1995.
- ADER, P.; WESSMANN, A.; WOLFFRAM, S. Bioavailability and metabolism of the flavonol quercetin in the pig. **Free Radical Biology & Medicine**, v.28, p.1056-1067, 2000.
- ADERIBIGBE, A.O.; EMUDIANUGHE, T.S.; LAWAL, B.A. Antihyperglycaemic effect of *Mangifera indica* in rat. **Phytotherapy Research**, v.13, p.504-507, 1999.
- AJILA, C.M.; NAIDU, K.A.; BHAT, S.G.; PRASADA RAO, U.J.S. Bioactive compounds and antioxidant potential of mango peel extract. **Food Chemistry**, v.105, n.3, p.982-988, 2007.
- AMAZZAL, L.; LAPÔTRE, A.; QUIGNON, F.; BAGREL, D. Mangiferin protects against 1-methyl-4-phenylpyridinium toxicity mediated by oxidative stress in N2A cells. **Neuroscience Letters**, v.418, n.2, p.159-64, 2007.
- ASGHAR, A.; LIN, C.F.; GRAY, J.I.; BUCKLEY, D.J.; BOOREN, A.M.; CRACKEL, R.L.; FLEGAL, C.J. Influence of oxidized dietary oil and antioxidant supplementation on membrane bound lipids stability in broiler meat. **British Poultry Science**, v.30, n.4, p.815-823, 1989.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CRIADORES DE SUÍNOS, ABCS. **Produção de suínos: teoria e prática**. ABCS: Integral Soluções em Produção Animal, Brasília, 1 ed., 2014. 908 p. Disponível em: <http://www.abcs.org.br/attachments/-01_Livro_producao_bloq.pdf> Acesso em: 10 mar. 2017.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CRIADORES DE SUÍNOS, ABCS. **Mapeamento da Suinocultura Brasileira**. ABCS: SEBRAE, Brasília, 2016. 376 p. Disponível em: <http://www.abcs.org.br/attachments/-01_Mapeamento_COMPLETO_bloq.pdf> Acesso em: 10 mar. 2017.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PROTEÍNA ANIMAL, ABPA. **Relatório Anual de atividades 2014**. ABPA, 2015. Disponível em: <<http://abpa-br.com.br/files/publicacoes/c59411a243d6dab1da8e605be58348ac.pdf>> Acesso em: 10 mar. 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PROTEÍNA ANIMAL, ABPA. **Relatório Anual de atividades 2015**. ABPA, 2016. Disponível em: <http://abpa-br.com.br/storage/files/versao_final_para_envio_digital_1925a_final_abpa_relatorio_anual_2016_portugues_web1.pdf> Acesso em: 10 mar.2017.

AZORÍN-ORTUÑO, M.; YÁÑEZ-GASCÓN, M. J.; VALLEJO, F.; PALLARÉS, F. J.; LARROSA, M.; LUCAS, R.; MORALES, J. C.; TOMÁS-BARBERÁN, F. A.; GARCÍA-CONESA, M. T.; ESPÍN, J. C. Metabolites and tissue distribution of resveratrol in the pig. **Molecular Nutrition & Food Research**, v.55, p.1154–1168, 2011.

BABOVIC, N.; ZIZOVIC, I.; SAICIC, S.; IVANOVIC, J.; PETROVIC, S. Oxidative stabilization of sunflower oil by antioxidant fractions from selected *Lamiacea* HERBS. **Chemical Industry and Chemical Engineering Quarterly**, Belgrade, v.16, n.4, p.287-293, 2010.

BAGCHI, K.; PURI, S. Free radicals and antioxidants in health and disease. **Eastern Mediterranean Health Journal**, v.4, p.350-360, 1998.

BAILEY, A. E. **Bailey's Industrial Oil and Fat Products**, 5th ed., John Wiley: New York, vol. 3. 1996.

BARBOSA, K.B.F.; COSTA, N.M.B.; ALFENAS, R.de C.G.; PAULA, S.O.de; MINIM, V.P.R.; BRESSAN, J. Estresse oxidativo: conceito, implicações e fatores modulatórios. **Revista de Nutrição**, Campinas, v.23, n.4, p.629-643, 2010.

BARBUT, S.; SOSNICKI, A.A.; LONERGAN, S.M.; KNAPP, T. CIOBANU, D.C.; GATGLIFFE, L.J.; HUFF-LONERGAN, E.; WILSON, E.W. Progress in reducing the pale, soft and exudative (PSE) problem in pork and poultry meat. **Meat Science**, v.79, p.46-63, 2008.

BARRETO, J.C.; TREVISAN, M.T.S.; HULL, W.E.; ERBEN, G.; BRITO, E.S. de; PFUNDSTEIN, B.; WURTELE, G.; SPIEGELHALDER, B.; OWEN, R.W. Characterization and quantitation of polyphenolic compounds in bark, kernel, leaves, and peel of mango (*Mangifera indica* L.). **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.56, n.14, p.5599-5610, 2008.

BENDICH, A.; MACHLIN, L.J. Safety of oral intake of vitamin E. **The American Journal of Clinical Nutrition**, v.48, n.3, p.612-619. 1988.

BELINATO, G. **Estudo da oxidação dos óleos de soja e dendê aditivos com antioxidantes para uso em tratamentos térmicos de têmpera**. 2010. 119f. Dissertação (mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2010.

BELITZ, H.D.; GROSCH, W. **Química de los Alimentos**, 2.ed. Editorial Acibria: Zaragoza, España, 1988. 813p.

BELITZ, H.D.; GROSCH, W.; SCHIEBERLE, P. **Food Chemistry**. 4 ed. Berlin: Springer. 2009. p.58–247.

BENAVENTE-GARCIA, O.; CASTILLO, J.; MARIN, F.R.; ORTUNO, A.; DEL RÍO, J.A. Uses and properties of citrus flavonoids. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.45, p.4505-4515, 1997.

BERSET, C.; CUVELIER, M. E. Methods d'évaluation du degré d'oxydation des lipides et de mesure du pouvoir antioxydant. **Sciences des aliments**, v.16, n.3, p.219-245, 1996.

BERTECHINI, A.G. **Nutrição de monogástricos**. 2.ed. Editora UFLA: Lavras, 2012. 373p.

BIANCHI, M.L.P.; ANTUNES, L.M.G. Radicais livres e os principais antioxidantes da dieta. **Revista de Nutrição**, v.12, n.12, p.123-130, 1999.

BOCK, C.; WALDMANN, K.H.; TERNES, W. Mangiferin and hesperidin metabolites are absorbed from the gastrointestinal tract of pigs after oral ingestion of a *Cyclopia genistoides* (honeybush tea) extract. **Nutrition Research**, v.28, n.12, p.879-891, 2008.

BOLER, D.D.; FERNÁNDEZ-DUEÑAS, D.M.; KUTZLER, L.W.; ZHAO, J.; HARRELL, R.J.; CAMPION, D.R.; MCKEITH, F.K.; KILLEFER, J.; DILGER, A.C. Effects of oxidized corn oil and a synthetic antioxidant blend on performance, oxidative status of tissues, and fresh meat quality in finishing barrows. **Journal of Animal Science**, v.90, n.13, p.5159-5169, 2012.

BORGES, A. da S. **Uso de compostos extraídos da manga (*Mangifera indica* L.) no controle da oxidação lipídica na carne de frango, em produto cárneo tipo mortadela e ovos de consumo**. 2009. 125f. Tese (Programa de Doutorado Integrado em Zootecnia) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza. 2009.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária, ANVISA. **Resolução RDC nº 23, de 15 de fevereiro de 2005**. Aprova "regulamento técnico que aprova o uso de aditivos alimentares, estabelecendo suas funções e seus limites máximos para a categoria de alimentos óleos e gorduras - subcategoria creme vegetal e margarinas". Diário Oficial da União; Brasília, 16 fev. 2005. Seção 1, p.24-25.

BUCK, D.F. Antioxidants in soya oil. **Journal of the American Oil Chemist's Society**, v.58, p. 275-278, 1981.

BUCKLEY, D.J.; MORRISEY, P.A.; GRAY, J.I. Influence of dietary vitamin E on oxidative stability and quality of pig meat. **Journal of Animal Science**, v.73, p.3122-3130, 1995.

BUENO, J.L.B.C. **Influência da adição de óleo de soja no perfil oxidativo de concentrados para bovinos**. 2011, 78f. Dissertação (Mestrado em Qualidade e Produtividade Animal) Faculdade de zootecnia e engenharia de alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2011.

BURT, S. Essential oils: Their antibacterial properties and potential applications in food—A review. **International Journal of Food Microbiology**. v.94, p.223–253, 2004.

BUSTAMANTE, J.; LODGE, J.K.; MARCOCCI, L.; TRITSCHLER, H.J.; PACKER, L.; RIHN, B.H. Alpha-lipoic acid in liver metabolism and disease. **Free Radical Biology & Medicine**, v.24, n.6, p.1023-1039, 1998.

CABEL, M.C.; WALDROUP, P.W.; SHERMER, W.; CALABOTTA, D.F. Effects of ethoxyquin feed preservative and peroxide level on broiler performance. **Poultry Science**, v.67, p.1725- 1730, 1988.

CAROCHO, M.; FERREIRA, I.C.F.R. A review on antioxidants, prooxidants and related controversy: Natural and synthetic compounds, screening and analysis methodologies and future perspectives. **Food and Chemical Toxicology**, v.51, n.1, p.15-25, 2013.

CHELH, I.; GATELLIER, P.; SANTÉ-LHOUTELLIER, V. Characterization of fluorescent Schiff bases formed during oxidation of pig myofibrils. **Meat Science**, v.76, p.210-215, 2007.

CHEAH, K.S.; CHEAH, A.M. Mitochondrial calcium transport and calcium- activated phospholipase in porcine malignant hyperthermia. **Biochimica et Biophysica Acta**, Amsterdam, v.634, p.70-84, 1981.

CHEAH, K.S.; CHEAH, A.M.; WARING, J.C. Phospholipase A₂ activity, calmodulin, Ca²⁺ and meat quality in young and adult halothane-sensitive and halothane-insensitive British Landrace pigs. **Meat Science**, v.17, n.1, p.37-53, 1986.

CHEAH, K.S.; CHEAH, A.M.; KRAUSGRILL, P. I. Variations in meat quality in live halothane heterozygotes identified by biopsy samples of m. *Longissimus dorsi*. **Meat Science**, v. 39, p. 293-300, 1995.

CHOE, E.; MIN, D. B. Mechanisms and Factors for Edible Oil Oxidation. **Comprehensive Reviews In Food Science and Food Safety**, Ohio, v. 5, n.4, p.169-186, jul. 2006.

CONEGLIAN, S.M.; LIMA, B. da S.; SILVA, L.G. da; LAZZARI, C.M.; SERRANO, R.D.C.; TONELLO, C.L. Utilização de antioxidantes nas rações. **PUBVET**, Londrina, v.5, n.5, ed.152, art. 1026, 2011.

DESAGHER, S.; MARTINOU, J.C. Mitochondria as the central control point of apoptosis. **Trends in Cell Biology**, v.10, n.9, p.369-377, 2000.

DEW, T.P.; DAY, A.J.; MORGAN, M.R. Xanthine oxidase activity *in vitro*: effects of food extracts and components. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.53, n.16, p.6510-6515, 2005.

DIBNER, J.J.; ATWELL, C.A.; KITCHELL, M.L.; SHERMER, W.D.; IVEY, F.J. Feeding of oxidized fats to broilers and swine: effects on enterocyte turnover, hepatocyte proliferation and the gut associated lymphoid tissue. **Animal Feed Science and Technology**, v.62, p.1-13, 1996.

DONZELE, J.L.; SILVA, F.C. de O.; FERREIRA, A.S.; FREITAS, R.T.F.de; KILL, J.L. Digestibilidade e metabolizabilidade da energia de rações com diferentes níveis de óleo de soja para suínos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.27, n.5, p.922-927, 1998.

DURÁN, R.M.; PADILLA, R.B. Actividad antioxidante de los compuestos fenólicos. **Grasas e Aceites**, v.44, n.2, p.101-106, 1993.

DURAND, M; MACH, N. El ácido alfa lipoico y su poder antioxidante frente al cáncer y las patologías de sensibilización central. **Nutricion Hospitalaria**, v.28, n.4, p.1031-1038, 2013.

ENGBERG, R.M.; LAURIDSEN, C.; JENSEN, S.K.; JAKOBSEN, K. Inclusion of oxidized vegetable oil in broiler diets. Its influence. **Poultry Science**, v.75, n.8, p.1003-1011, 1996.

ESPIN, J.C.; GONZALEZ-BARRIO, R.; CERDÁ, B.; LÓPEZ-BOTE, C.; REY, A.I.; TOMÁS-BARBERÁN, F.A. Iberian pig as a model to clarify obscure points in the bioavailability and metabolism of ellagitannins in humans. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.55, p.10476-10485, 2007.

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

EVANS, J.H.; SPENCER, D.M.; ZWEIFACH, A.; LESLIE, C.C. Intracellular calcium signals regulating cytosolic phospholipase A2 translocation to internal membranes. **Journal of Biological Chemistry**, v.276, p.30150-30160, 2001.

FERGUSON, L. R.; HARRIS, P. J.; Protection against cancer by wheat bran: role of dietary fibre and phytochemicals. **European Journal of Cancer Prevention**, v.8, n.1, p.17-25, 1999.

FERREIRA, A.L.A.; MATSUBARA, L.S. Radicais livres: conceitos, doenças relacionadas, sistema de defesa e estresse oxidativo. **Revista da Associação Médica Brasileira**, v.43, n.1, p.61-68, 1997.

FORMAN, H.J.; RINNA, A.; ZHANG, H. Glutathione: Overview of its protective roles, measurement, and biosynthesis. **Molecular Aspects of Medicine**, v.30, p.1-12, 2009.

FREIRE, P.C.M.; MANCINI-FILHO, J.; FERREIRA, T.A.P. de C. Principais alterações físico-químicas em óleos e gorduras submetidos ao processo de fritura por imersão: regulamentação e efeitos na saúde. **Revista de Nutrição**, v.26, n.3, 2013.

FREITAS, E.R.; BORGES, A.S.; TREVISAN, M.T.S.; WATANABE, P.H.; CUNHA, A.L.; PEREIRA, A.L.F.; ABREU, V.K.; NASCIMENTO, G.A.J. do. Extratos etanólicos da manga como antioxidantes para frangos de corte. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.47, n.8, p.1025-1030, 2012.

FREITAS, E.R.; BORGES, A.S.; TREVISAN, M.T.S.; CUNHA, A.L.; BRAZ, N. de M.; WATANABE, P.H.; NASCIMENTO, G.A.J. do. Extratos etanólicos de manga como antioxidantes na alimentação de poedeiras, **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.48, n.7, p.714-721, 2013.

FREITAS, E.R.; BORGES, A. da S.; PEREIRA, A.L.F.; ABREU, V.K.G.; TREVISAN, M.T.S.; WATANABE, P.H. Effect of dietary ethanol extracts of mango (*Mangifera indica* L.) on lipid oxidation and the color of chicken meat during frozen storage. **Poultry Science**, v.94, p.2989–2995, 2015.

FRIDOVICH, I. Oxygen toxicity: a radical explanation. **The Journal of Experimental Biology**, v.201, p.1203-1209, 1998.

GADOW, V. A.; JOUBERT, E.; HANSMANN, C. F. Comparison of the antioxidant activity of aspalathin with that of other plant phenols of rooibos tea (*Aspalanthus linearis*), α -tocopherol, BHT and BHA **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.45, p.632-638, 1997.

GANHÃO, R.; MORCUENDE, D.; ESTÉVEZ, M. Protein oxidation in emulsified cooked Burger patties with added fruit extracts: Influence on colour and texture deterioration during chill storage. **Meat Science**, v.85, p.402-409, 2010.

GARCIA-VILLALBA, R.; BELTRAN, D.; ESPIN, J.C.; SELMA, M.V.; TOMAS-BARBERAN, F.A. Time course production of urolithins from ellagic acid by human gut microbiota. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.61, p.8797-8806, 2013.

GEORGIEV, V.; ANANGA, A.; TSOLOVA, V. Recent advances and uses of grape flavonoids as nutraceuticals. **Nutrients**, v.6, n.1, p.391-415, 2014.

GIBBONS, G.F.; ISLMA, K.; PEASE, R.J. Mobilization of triacylglycerol stores. **Biochimica et Biophysica Acta**, v.1483, n.1, p.37-57, 2000.

GIESE, J. Antioxidants: tools for preventing lipid oxidation. **Food Technology**, v.50, n.1, p.73-81, 1996.

GILBERT, H.F.; MC LEAN, V.M. Molecular and cellular aspects of thiol-disulfide exchange. **Advances in Enzymology and Related Areas of Molecular Biology**, v.63, p.69-172, 1990.

GODOY, P.B. de. **Aspectos nutricionais de compostos fenólicos em ovinos alimentados com leguminosas forrageiras**. 2007. 89p. Tese (Doutorado em Ciência de Energia Nuclear na Agricultura) – Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2007.

GONÇALVES, L.M.P.; KIEFER, C.; SOUZA, K.M.R. de; MARÇAL, D.A.; Abreu, R.C. de; SILVA, A.M.P.S. da; ALENCAR, S.A. da S. Níveis de energia líquida para suínos machos castrados em terminação **Ciência Rural**, v.45, n.3, p.464-469, 2015.

GONZÁLEZ, E.; TEJEDA, J.F.; MOTILVA, M.J.; ROMERO, M.P. Phenolic compounds in subcutaneous adipose tissue from Iberian pigs. **Seminaries Méditerranéens**, n.76, p.115-118, 2007.

GONZALEZ-BARRIO, R.; TRUCHADO, P.; ITO, H.; ESPIN, J.C.; TOMAS-BARBERAN, F.A. UV and MS identification of Urolithins and Nasutins, the bioavailable metabolites of ellagitannins and ellagic acid in different mammals. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.59, p.1152-1162, 2011.

GORDON, M.H. Measuring antioxidant activity. In: POKORNY, J.; YANISHLIEVA, N.; GORDON, M.H. **Antioxidants in food: Practical applications**. Published by Woodhead Publishing Limited, Abington Hall, Abington Cambridge CB1 6AH, England, CRC Press, 2001.

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

2001.

HALLIWELL, B; GUTTERIDGE, J.M.C. Oxygen toxicity, oxygen radicals, transitions metals and disease. **Biochemical Journal**. v.219, n.1, p.1-14, 1984.

HALLIWELL, B; GUTTERIDGE, J.M. Oxygen free radicals and iron in relation to biology and medicine: some problems and concepts. **Archives of Biochemistry and Biophysics**. v.246, n.2, p.501-514, 1986.

HALLIWELL, B.; WHITEMAN, M. Measuring reactive species and oxidative damage *in vivo* and in cell culture: how should you do it and what do the results mean? **British Journal of Pharmacology**, v.142, n.2, p.231-55, 2004.

HANASAKI, Y.; OGAWA, S.; FUKUI, S. The correlation between active oxygen scavenging and antioxidative effects of flavonoids. **Free Radical Biology and Medicine**, v.16, n.6, p.845-850, 1994.

HANCZAKOWSKA, E.; SWIATKIEWICZ, M.; GRELA, E.R. Effect of dietary inclusion of a herbal extract mixture and different oils on pig performance and meat quality. **Meat Science**, v.108, p.61–66, 2015.

HANSON, A.R.; URRIOLA, P.E.; WANG, L.; JOHNSTON, L.J.; CHEN, C.; SHURSON, G.C. Dietary peroxidized maize oil affects the growth performance and antioxidant status of nursery pigs. **Animal feed science and technology**, v.216, p.251–261, 2016.

HARRIS, S. E.; HUFF-LONERGAN, E.; LONERGAN, S.M.; JONES, W.R.; RANKINS, D. Antioxidant status affects color stability and tenderness of calcium chloride-injected beef. **Journal of Animal Science**, v.79, p.666–677, 2001.

HE, Y.; WANG, K.; WANG, L. Effect of tocopherol and β -carotene supplementation on meat quality and antioxidant capacity of pigs fed high-linseed oil diet **The Journal of Animal & Plant Sciences**, v.20, n.3, p.180-188, 2010.

HEKIMI, J. L.; LAPOINTE, J.; WEN, Y. Taking a ‘good’ look at free radicals in the aging process. **Trends in Cell Biology**, v.21, p.569-576, 2011.

HERNÁNDEZ, A. G.; CONTRERAS, F.S. de M. **Tratado de nutrición**, v.1, 2 ed., Madrid: Médica Panamericana, 2010. 963p.

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

HERSHKO, C. Mechanism of iron toxicity and its possible role in red cell membrane damage. **Seminars in Hematology**, v.26, p.277-285, 1989.

HUANG, S. C.; KUO, J. C. Concentrations and antioxidative activity of anserine and carnosine in poultry meat extracts treated with demineralization and papain. **Proceedings of the National Science Council**, v. 24, n. 4, p.193-201, 2000

HUBER, K.; QUEIROZ, J.H. DE; MOREIRA, A.V.B.; RIBEIRO, S.M.R. Caracterização química do resíduo agroindustrial da manga ubá (*Mangifera indica* L.): uma perspectiva para a obtenção de antioxidantes naturais. **Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial**, v.6, n.1: p.640-654, 2012.

JE, J.Y.; PARK, P.J.; KIM, S.K. Antioxidant activity of a peptide isolated from Alaska pollack (*Theragra chalcogramma*) frame protein hydrolysate. **Food Research International**, v.38, p.45-50, 2005.

JORDÃO JUNIOR, A.A.; CHIARELLO, P.G.; BERNARDES, M.S.M.; VANNUCCHI, H. Peroxidação lipídica e etanol: papel da glutatona reduzida e da vitamina E. **Medicina**, v.31, p.434-449, 1998.

JORGE, N.; GONCALVES, L. A. G. Aditivos utilizados em óleos e gorduras de frituras. **Boletim da Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.32, n.1, p.40-47, 1998.

KAHL, R; KAPPUS, H. Toxicology of the synthetic antioxidants BHA and BHT in comparison with the natural antioxidant vitamin E. **Zeitschrift für Lebensmittel-Untersuchung und -Forschung**, v.196, n.4, p.329-338, 1993.

KANG, I. **Mechanisms by which dietary ellagic acid attenuates obesity and obesity-mediated metabolic complications**. 2015. 171f. Dissertation (Education and Human Sciences) College at the University of Nebraska, Lincoln, 2015.

KATARIA, A. K., KATARIA N. Evaluation of oxidative stress in pigs affected with classical swine fever. **Porcine Research**, v.2, n.2, p.35-38, 2012.

KATARIA, N.; JOSHI, A.; SINGHAL, S.S.; ASOPA, S.; KATARIA, A.K. Evaluation of oxidative stress during hot dry and hot humid environmental periods in indigenous pigs from arid tracts in India. **Porcine Research**, v.6, n.1, p.16-23, 2016.

KOOHMARAIE, M. Quantification of Ca²⁺-dependent protease activities by hydrophobic and ion-exchange chromatography. **Journal of Animal Science**, v.68, p.659-665, 1990.

KORKINA, L.G.; AFANAS'EV, I.B. Antioxidant and chelating properties of flavonoids. In: SIES, H. **Antioxidants in Disease Mechanisms and Therapy**. San Diego: CA Academic Press, 1997, p.151-163.

KOURY, J.C.; DONANGELO, C.M. Zinco, estresse oxidativo e atividade física. **Revista de Nutrição**, v.16, n.4, p.433-441, 2003.

LADERO, J.M.; LÓPEZ-ALONSO, G.; DEVESA, M.J.; CUENCA, F.; ORTEGA, L.; AGREDA, M.; SUÁREZ, A.; ROPERO, P.; DÍAZ-RUBIO, M. Oscillations in serum ferritin associated with antiviral therapy in chronic hepatitis C. **Revista Española de Enfermedades Digestivas**, Madrid, v.101, n.1, p.31-40, 2009.

LABUZA, T.P. Kinetics of lipid oxidation in foods. **CRC Critical Review in Food Technology**, Cleveland, v.2, n.3, p.355-405, 1971.

LAMBETH, J.D.; NEISH, A.S. Nox Enzymes and New Thinking on Reactive Oxygen: A

Double-Edged Sword Revisited. **Annual Review of Pathology: Mechanisms of Disease**, v.9, p.119-145, 2014.

LARRAURI, J.A.; RUPÉREZ, P.; BORROTO, B.; SAURA-CALIXTO, F. Mango peels as a new tropical fibre: preparation and characterization. **Lebensmittel Wissenschaft and Technologie**, v.29, p.729-733, 1996.

LAZARY, V.M.D. **Efeitos do consumo do isoflavona na prevenção do câncer de mama**. 2010. 20p. Monografia (Especialização em Educação e Promoção da Saúde) - Universidade de Brasília, Brasília. 2010.

LEHNEN, C.R.; LOVATTO, P.A.; ANDRETTA, I.; ROSSI, C.A.; HAUSCHILD, L.; CAVAZINI, N.C.; FRAGA, B.N. Alimentação de leitões em creche com dietas contendo ácido ascórbico e bioflavonóides. **Archivos de Zootecnia**, v.61, n.233, p.103-109, 2012.

LEITE, H.P.; SARNI, R.S. Radicais livres, antioxidantes e nutrição. **Revista Brasileira e Nutrição Clínica**, v.18, n.2, p.87-94, 2003.

LENAZ, G. Role of mitochondria in oxidative stress and ageing. **Biochimica et Biophysica Acta**, v.1366, n.1-2, p.53-67, 1998.

LEONARDUZZI, G.; SOTTERO, B.; POLI, G. Targeting tissue oxidative damage by means of cell signaling modulators: the antioxidant concept revisited. **Pharmacology & Therapeutics**, v.128, p.336-374, 2010.

LIN, C.F.; ASGHAR, A.; GRAY, J.I.; BUCKLEY, D.J.; BOOREN, A.M.; CRACKEL, R.L.; FLEGAL, C.J. Efeitos do óleo dietético oxidado e suplementação de antioxidantes no crescimento de frangos de corte e na estabilidade da carne. **British Poultry Science**, v.30, n.4, p.855-64, 1989.

LOPES, R.M.; OLIVEIRA, T.D.; NAGEM, T.J.; PINTO, A.D.S. Flavonóides. **Biotecnologia Ciência& Desenvolvimento**; v.3, n.14, p.18-22, 2010.

LUEHRING, M.; BLANK, R.; WOLFFRAM, S. Vitamin E-sparing and vitamin E-independent antioxidative effects of the flavonol quercetin in growing pigs. **Animal Feed Science and Technology**, v.169, p.199-207, 2011.

LUND, M.N.; LAMETSCH, R.; HVIL, M.S.; JENSE, O.N.; SKIBSTED, L.H. High-oxygen packaging atmosphere influences protein oxidation and tenderness of porcine *Longissimus dorsi* during chill storage. **Meat Science**, v.77, p.295-303, 2007.

LUO, F.; FU, Y.; XIANG, Y.; YAN, S.; HU, G.; HUANG, X.; HUANG, G.; SUN, C.; LI, X.; CHEN, K. Identification and quantification of gallotannins in mango (*Mangifera indica* L.) kernel and peel and their antiproliferative activities. **Journal of functional foods**, v. 8, p.282–291, 2014.

MAGANHINI, M.B.; MARIANO, B.; SOARES, A.L.; GUARNIERI, P.D.; SHIMOKOMAKI, M.; IDA, E.I. Carnes PSE (Pale, Soft, Exudative) e DFD (Dark, Firm, Dry) em lombo suíno numa linha de abate industrial. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.27, p.69-72, supl., 2007.

MANTOVANI, G.; MACCIO, A.; MADEDDU, C.; MURA, L.; GRAMIGNANO, G.; LUSSO, M.R.; MURGIA, V.; CAMBONI, P.; FERRELLI, L.; MOCCI, M.; MASSA, E. The impact of different antioxidant agents alone or in combination on reactive oxygen species, antioxidant enzymes and cytokines in a series of advanced cancer patients at different sites: correlation with disease progression. **Free Radical Research**, v.37, n.2, p.213-23, 2003.

MARTINS, C.G.; MORAIS, S.M.; ALEXANDRINO, C.D.; FAUSTINO, R.C.; MACHADO, L.K.A. Capacidade antioxidante de extratos etanólicos de sementes de frutas por sistema beta-caroteno-ácido linoleico. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE QUÍMICA, 51., 2011. São Luiz. **Anais eletrônico...** São Luiz., 2011. Disponível em: <http://www.abq.org.br/cbq/2011/trabalhos/7/7-706-11000.htm> Acesso em: 05 out. 2016.

MARTÍNEZ-FLORES, S.; GONZÁLEZ GALLEGU, J.; CULEBRAS, J.M.; TUÑÓN, M. Los flavonoides: propiedades y acciones antioxidantes. **Nutricion Hospitalaria**, v.17, n.6, p.271-276, 2002.

MASCARENHAS, A.G.; DONZELE, J.L.; OLIVEIRA, R.F.M de; FERREIRA, A.S.; LOPES, R. dos S.; TAVARES, S.L. Fontes e níveis de energia digestível em rações para suínos machos inteiros dos 60 aos 100kg. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, p.1409-1417, 2002.

MEINER, G.; MUSSA, P.P.; FORNERIS, G.; PERONA, G.; SANTORO, V.; MEDANA, C.; PEIRETTI, P.G. Effects of supplementing with red wine solids on the oxidative status in pigs fed diets with different fatty acid profiles. **Large Animal Review**, v.21, p.251-257, 2015.

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

MILINSK, M.C.; MATSUSHITA, M.; VISENTAINER, J.V.; SILVA, C.A.; COSTA, M.C.R.; BRIDI, A.M.; SOUZA, N.E. de. Effects of partial replacement of corn and soybean meal with sunflower cake in pig diets on ham fatty acid composition. **Semina: Ciências Agrárias**, v.28, n.4, p.753-760, 2007.

MITCHAOTHA, J.; EVERTS, H.; YUANGKLANG, C.; WITTAYAKUN, S.; VASUPEN, K.; WONGSUTHAVAS, S.; SRENANUL, P.; HOVENIER, R.; BEYNEN, A.C. Meat Quality, Digestibility and Deposition of Fatty Acids in Growing-finishing Pigs Fed Restricted, Iso-energetic Amounts of Diets Containing either Beef Tallow or Sunflower Oil. **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences**, v.21, n.7, p.1015-1026, 2008.

MITCHAOTHA, J.; YUANGKLANG, C.; WITTAYAKUN, S.; VASUPEN, K.; WONGSUTHAVAS, S.; SRENANUL, P.; HOVENIER, R.; EVERTS, H.; BEYNEN, A. C. Effect of dietary fat type on meat quality and fatty acid composition of various tissues in growing– finishing swine. **Meat Science**, v.76, p.95-101, 2007.

MOHAN, C.G.; DEEPAK, M.; VISWANATHA, G.L.; SAVINAY, G.; HANUMANTHARAJU, V.; RAJENDRA, C.E.; HALEMANI, P.D. Anti-oxidant and anti-inflammatory activity of leaf extracts and fractions of *Mangifera indica*. **Asian Pacific Journal of Tropical Medicine**, v.6, n.4, p.311-314, 2013.

- MONTEIRO, V.C.B. **Avaliação do estresse oxidativo em humanos e em animais suplementados com ácidos graxos poliinsaturados ômega-3**. 2007. 98p. Dissertação (Mestrado e Ciências dos Alimentos) – Universidade de São Paulo, São Paulo. 2007.
- MOREL, F.; DOUSSIERE, J.; VIGNAIS, P.V. The superoxide-generating oxidase of phagocytic cells. Physiological, molecular and pathological aspects. **European Journal of Biochemistry**, v.201, n.3, p.523-546, 1991.
- MORRISSEY, P. A.; SHEEHY, P.J.A.; GALVIN, K.; KERRY, J.P.; BUCLEY, D.J. Lipid stability in meat and meat products. **Meat Science**, v.49, n.1, p.73-86, 1998.
- MOURA, G. de S. **Avaliação de dietas de diferentes densidades energéticas para codorna japonesa em postura**. 2007. 80p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 2007.
- MURAKAMI, M.; KUDO, I. Phospholipase A2. **Journal of Biochemistry**, v.131, p.285-292, 2002.
- MURRAY, R.K.; GRANNER, D.K.; MAYES, P.A.; RODWELL, V.W. **Harper's Biochemistry**. 25.ed. New York: McGraw-Hill, 2000. p.160-163.
- MURUGANANDAN, S.; SCRINIVASAN, K.; GUPTA, S.; GUPTA, P.K.; LAL, J. Efeito da mangiferina sobre hiperglicemia e aterogenicidade em ratos diabéticos com estreptozotocina. **Journal of Ethnopharmacology**, v.97, p.497-501, 2005.
- NAMIKI, M.; Antioxidants/antimutagens in food. **Critical Review in Food Science and Nutrition**, v.29, n.4, p.273-300, 1990
- NAWAR, W.W. Lipids. In: FENNEMA, O.R. **Food Chemistry**. 2 ed. New York, Marcel Dekker, 1985. p. 139-244.
- NDOU, S.P.; KHANYILE, M.; CHIMONYO, M. Growth performance and nutrition-related serum metabolites in growing pigs fed on Acacia Tortilis leaf meal. **Livestock Science**, v.182, p.22–27, 2015.
- NELSON, D.L.; COX, M. **Lehninger – Princípios de Bioquímica**. 3ed. São Paulo: Sarvier, 2002.
- OKAI, D.B.; ABOAGYE, J. The effects of mango seed kernel meal (MSKM) on the performance of growing rats. **Biological Wastes**, v.34, n.2, p.171-175, 1990.
- OLIVEIRA, A. C. de; VALENTIM I, B.; GOULART, M. O. F.; SILVA, I. C.; BECHARA, E. J. H.; TREVISAN, M. T. S. Fontes vegetais naturais de antioxidantes. **Química Nova**, v.32, n.3, p.689-702, 2009.
- OOMAH, B.D.; KENASCHUK, E.O.; MAZZA, G. Phenolic acids in flaxseed. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.43, p.2016-2019, 1995.
- PADILHA, A.D.G. **Antioxidante natural de erva mate na conservação da carne de frango *in vivo***. 2007. 97 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia dos Alimentos) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria. 2007.

PAIVA-MARTINS, F.; BARBOSA, S.; PINHEIRO, V.; MOURÃO, J.L.; OUTOR-MONTEIRO, D. The effect of olive leaves supplementation on the feed digestibility, growth performances of pigs and quality of pork meat. **Meat Science**, v.82, p.438–443, 2009.

PAREDES, S.D.; BEJARANO, I.; TERRÓN, M.P.; BARRIGA, C.; REITER, R.J.; RODRÍGUEZ, A.B. Melatonin and tryptophan counteract lipid peroxidation and modulate superoxide dismutase activity in ringdove heterophils *in vivo*. Effect of antigen-induced activation and age. **Age (Dordr)**, v.31, n.3, p.179-188, 2009.

PARK, D.; XIONG, Y.L.; ALDERTON, A.L.; OOOZUMI, T. Concentration effects of hydroxyl radical oxidizing systems on biochemical properties of porcine muscle myofibrillar protein. **Food Chemistry**, v.101, p.1239-1246, 2006.

PARK, P. J.; JUNG, W. K.; NAM, K. S.; SHAHIDI, F.; KIM, S.K. Purification and characterization of antioxidative peptides from protein hydrolysates of lecithin-free egg yolk. **Journal of the American Oil Chemist's Society**, n. 78, p. 651-656, 2001.

PARKE, D.V.; LEWIS, D.F. Aspectos de segurança dos conservantes alimentares. **Food Additives & Contaminants**, v.9, n.5, p.561-577, 1992.

PENNINCKX, M. A short review on the role of glutathione in the response of yeasts to nutritional, environmental, and oxidative stresses. **Enzymes and Microbial Technology**, v.26, n.9-10, p. 737-742, 2000.

PIEDEDE, K.R. **Uso de ervas aromáticas na estabilidade oxidativa de filés de sardinha (*Sardinella brasiliensis*) processados**. 2007. 161 f. Dissertação (Mestrado em Ciências e Tecnologia de Alimentos) – Universidade de São Paulo, Piracicaba. 2007.

PRIOR, R.L.; CAO, G.; PRIOR, R.L.; CAO, G. Analysis of botanicals and dietary supplements for antioxidant capacity: a review. **Journal AOAC International**, v.83, p.950–956, 2000.

POUZET, A. Presentation of some results of the Concerted Action on the management of oilseed crops in the European Union. **OCL – Oleagineux Crops Gras Lipides**, v.6, p.6-21, 1996.

PUERTOLLANO, M.A.; PUERTOLLANO, E.; CIENFUEGOS, G.A. de; PABLO, M.A. de. Dietary Antioxidants: Immunity and Host Defense. **Current Topics in Medicinal Chemistry**, v.11, p.1752-1766, 2011.

PUPA, J.M.R. Óleos e gorduras na alimentação de aves e suínos. **Revista Eletrônica Nutritime**, v.1, n.1, p.69-73, 2004.

RACANICCI, A.M.C.; MENTEN, J.F.M.; D'ARCE, M.A.B.R.; PINO, L.M. Efeito do uso de óleo de vísceras de aves oxidado na ração de frangos de corte sobre o desempenho, a composição da carcaça e a estabilidade oxidativa da carne da sobrecoxa. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, n.3, p.443-449, 2008.

RACANICCI, A.M.C.; MENTEN, J.F.M.; D'ARCE, M.A.B.R.; GAIOTTO, J.B.; LONGO, F.A.; PEDROSO, A.A.; SORBARA, J.O.B. Oxidação Lipídica do Óleo de Vísceras de Aves

para Redução de seu Conteúdo de Energia Metabolizável para Frangos de Corte na Fase de Crescimento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, n.4, p.919-923, 2004.

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

RANUCCI, D.; BEGHELLI, D.; TRABALZA-MARINUCCI, M; BRANCIARI, R.; FORTE, C.; OLIVIERI, O.; BADILLO PAZMAY, G.V.; CAVALLUCCI, C.; ACUTI, G. Dietary effects of a mix derived from oregano (*Origanum vulgare* L.) essential oil and sweet chestnut (*Castanea sativa* Mill.) wood extract on pig performance, oxidative status and pork quality traits. **Meat Science**, v.100, p.319–326, 2015.

RAVELLI, D. **Estabilidade oxidativa de óleo de soja adicionado de extratos de especiarias**: correção de parâmetros físicos-químicos e avaliação sensorial. 2011. 113p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba. 2011.

RIBEIRO, S.M.R.; BARBOSA, L.C.A.; QUEIROZ, J.H.; KNODLER, M.; SCHIEBER, A. Phenolic compounds and antioxidant capacity of Brazilian mango (*Mangifera indica* L.) varieties. **Food Chemistry**, v.110, n.3, p.620–626, 2008.

RICHEIMER, S.; BERNART, M.; KING, G.; KENT, C.; BAILEY, D. Antioxidant activity of lipid-soluble phenolic diterpenes from rosemary. **Journal of the American Chemical Society**, v.73, p.507-514, 1996.

ROBEY, W.; SHERMER, W. The damaging effects of oxidation. **Feed Mix**, v.2, n.5, p.22-26, 1994.

ROCHA, C. da R. **Qualidade do óleo de soja e adição de vitamina na ração de perus**. 2010. 76 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Veterinárias) – Universidade Federal do Paraná. Setor de Ciências Agrárias, Curitiba. 2010.

ROCHE, H.M. Unsaturated fatty acids. **Proceedings of the Nutrition Society**, v.58, p.397, 401, 1999.

RODRIGUES, G.P. **Suplementação de cromo e selênio orgânicos para suínos machos castrados dos 25 aos 110 kg**. 2016. 40f. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) - Universidade Federal De Mato Grosso Do Sul, Campo Grande. 2016.

RODRIGUES NETO, A.S. da S. **Glutathione**. 2010. 66 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Farmacêuticas) – Universidade de Fernando Pessoa, Porto. 2010.

ROSSI, C.A.R.; LOVATTO, P.A.; GARCIA, G.G.; LENHEN, C.R.; POROLNIK, G.V.; CERON, M.S.; LOVATO, G.D. Alimentação de suínos em terminação com dietas contendo ractopamina e extratos cítricos: desempenho e características de carcaça. **Ciência Rural**, v.40, n.11, p.2343-2349, 2010.

ROSSI, R.; RATTI, S.; PASTORELLI, G.; CROTTI, A.; CORINO, C. The effect of dietary vitamin E and verbascoside on meat quality and oxidative stability of Longissimus dorsi muscle in medium-heavy pigs. **Food Research International**, v.65, Part A, p.88–94, 2014.

ROSTAGNO, H.S. ALBINO, L.F.T.; DONZELE, J.L.; GOMES, P.C.; OLIVEIRA, R.F.; LOPES, D.C.; FERREIRA, A.S.; BARRETO, L.S.T. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: Composição de alimentos e exigências nutricionais**. 3 ed, Viçosa: UFV/DZO, 2011. 252p.

RUKIMINI, C.; VIJAYARAGHAVAN, M. Nutritional and toxicological evaluation of mango kernel oil, **Journal of the American Oil Chemist's Society**, v.61, n.4, p.789-792, 1984.

SAAB, M.S.B.L. de M. Comportamento do consumidor de alimentos no Brasil: um estudo sobre a carne suína. 2011. 248p. Tese (Doutorado) – Universidade de São Paulo, São Paulo. 2011.

SAHOO, B.K.; ZAIDI, A.H.; GUPTA, P.; MOKHAMATAM, R.B.; RAVIPRAKASH, N.; MAHALI, S.K.; MANNA, S.K. A natural xanthone increases catalase activity but decreases NF-kappa B and lipid peroxidation in U-937 and HepG2 cell lines. **Europe Journal of Pharmacology**, v.764, p.520–528, 2015.

SANTOS, M.A.T.; NEPOMUCENO, I.A.S.; ABREU, C.M.P. de; CARVALHO, V.D. de. Teores de polifenóis de caule e folha de quatro cultivares de abacaxizeiro. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.23, n.2, p.274-276, 2001.

SANTOS, R.; RIBEIRO, M. da G.; FARINHA, N.; BARRADAS, A.; NEVES, J. A.; BENTO, P. Estudo da influência de diferentes alimentos sobre características quantitativas e qualitativas da gordura em porcos de raça alentejana. **Revista de Ciências Agrárias**, v.31, n.1, p.5-16, 2008.

SANTOS, G.R. dos S.; MARCHI, D.F.; ALMEIDA, J.N. DE; MENDONÇA, F.J.; SHIMOKOMAKI, M.; SOARES, A.L. Atividades de fosfolipase A2 secretada e glutathione peroxidase em filés PSE (Pale, Soft, Exudative) de frango. **Semina: Ciências Agrárias**, v.33, n.2, p.3111-3115, 2012.

SATO, T.; KAWAMOTO, A.; TAMURA, A.; TATSUMI, Y.; FUJII, T. Mechanism of antioxidant action of pueraria glycoside (PG)-1 (na isoflavonoid) and mangiferina (a xanthonoid). **Chemical & Pharmaceutical Bulletin**, v.40, n.3, p.721-724, 1992.

SCARTEZZINI, P.; SPERONI, E. Revisão em algumas plantas da medicina tradicional indiana com atividade antioxidante. **Journal of Ethnopharmacology**, v.71, p.23-43, 2000.

SCOTT, M.L.; NESHEIN, M.C.; YOUNG, R.J. **Nutrition of the chicken**. 3.ed. Ithaca: M. L. Scott & Associates, 1982. 562p.

SERAFINI, M.; MAIANI, G.; FERRO-LUZZI, A. Alcohol-free red wine enhances plasma antioxidant capacity in humans. **Journal of Nutrition**, v.128, p.1003–1007, 1998.

SHAHIDI, F.; JANITHA, P.K.; WANASUNDARA, P.D.; Phenolic antioxidants. **Critical Review in Food Sciences and Nutrition**, v.32, n.1, p.67-103, 1992.

SHAHRZAD, S.; AOYAGI, K.; WINTER, A.; KOYAMA, A.; BITSCH, I. Pharmacokinetics of Gallic Acid and Its Relative Bioavailability from Tea in Healthy Humans. **The Journal of Nutrition**, v.131, n.4, p.1207-1210, 2001.

SHAMI, N.J.I.E.; MOREIRA, E.A.M. Licopeno como agente antioxidante. **Revista Nutrição**, v.17, n.2, p.227-236, 2004.

SHAN, X.; AW, T.Y.; JONES, D.P. Glutathione-dependent protection against oxidative injury. **Pharmacology & Therapeutics**, v. 47, p.61-71, 1990.

SHIMANO, M.Y.H. **Ação antioxidante de extratos de especiarias e suas misturas binárias e ternárias sobre a estabilidade oxidativa de óleo de soja**. 2012. 110p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba. 2012.

SIES, H., STAHL, W. Vitamins E and C, b-carotene, and other carotenoids as antioxidants. **American Journal of Clinical Nutrition**, Bethesda, v.62, n.6, p.1315-1321, 1995.

SILVA, E. L.; PISKULA, M.K.; YAMAMOTO, N.; MOON, J.-H.; TERAQ, J. Quercetin metabolites inhibit copper ion-induced lipid peroxidation in rat plasma. **FEBS Letters**, v.430, n.3, p.405-408, 1998.

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

SILVA, M.R.; SILVA, M.A.A.P. Aspectos nutricionais de fitatos e taninos. **Revista Nutrição**, v.12, p.5-19, 1999.

SILVA, M.A.; PESSOTTI, B.M. de S.; ZANINI, S.F.; COLNAGO, G.L.; NUNES, I. de C.; RODRIGUES, M.R.A.; FERREIRA, L. Brazilian red pepper oil use on the performance and intestinal morphometry of broilers. **Ciência Rural**, v.40, n.10, p.2151-2156, 2010.

SILVA, R.A.M.; PACHECO, G.D.; AGOSTINI, P.S.; VINOKUROVAS, S.L.; OLIVEIRA, E.R.; GAVIOLI, D.F.; LORAZO, A.P.; BRIDI, A.M.; SILVA, C.A. Desempenho, qualidade de carcaça e carne de suínos alimentados com dietas contendo antioxidantes e ractopamina. **Semina: Ciências Agrárias**, v.34, n.6, supl.2, p.3971-3982, 2013.

SIMIC, M.G.; JAVANOVIC, S.V. Inactivation of oxygen radicals by dietary phenolic compounds in anticarcinogenesis. In: HO, C.T.; OSAWA, T.; HUANG, T.M.; ROSEN, R.T., eds. **Food Phytochemicals for Cancer Prevention**: Washington: Caplus, 1994, p. 20-32.

SIMÕES, C.M.O.; SCHENKEL, E.P.; EDSMANN, E.; MELLO, J.C.P.; MENTZ, L.A.; PETROCICK, P.R. **Farmacognosia da planta ao medicamento**. 6.ed. Porto Alegre: UFRGS, 2007. 1104p.

SKIBSTED, L.H.; MIKKELSEN, A.; BERTELSEN, G. Lipid-derived off-flavours in meat. In: SHAHIDI, F. **Flavor of meat, meat products and seafoods**. London: Blackie Academic & professional. 1998. p. 217-248.

SOARES, S.E. Ácidos fenólicos como antioxidantes. **Revista de Nutrição**, v.15, n.1, p.3-16, 2002.

SOARES, A.L.; MARCHI, D.F.; OBA, A.; IDA, E.I.; SHIMOKOMAKI, M. Carnes PSE (*Pale, Soft, Exudative*) e DFD (*Dark, Firm, Dry*) em frangos e rancidez oxidativa. **Revista Nacional da Carne**, v.30, n.344, p.138-140, 2005.

SONG, J.H.; MIYAZAWA, T. Enhanced level of n-3 fatty acid in membrane phospholipids induces lipid peroxidation in rats fed dietary docosahexaenoic acid oil. **Atherosclerosis**, v.155, p.9-18, 2001.

SOUZA, M.A.de A. **Oxidação lipídica e proteica em carnes**. 2011. 85f. Tese (Doutorado em Ciências de Alimentos) - Universidade Estadual de Londrina, Londrina. 2011.

STEPANIC, V.; TROSELJ, K.G.; LUCIC, B.; MARKOVIC, Z.; AMIC, D. Bond dissociation free energy as general parameter for flavonoid radical scavenging activity. **Food Chemistry**, v.141, p.1562-1579, 2013.

SUBBARAYAN, C.; CAMA, H.R. Isolamento e caracterização de um complexo carotenóide-proteína de *Mangifera indica* (mango). **Indian Journal of Biochemistry**, v.3, p.225-227, 1966.

SUBHA, R.; PANDEY, M.M.; SINGH, A.K. Um novo e conveniente método para a determinação da mangiferina: Um composto *antidiabético*, em *Mangifera Indica* L. **Journal of Planar Chromatography**, v.20, p.317-320, 2007.

SUETSUNA, K. Antioxidant Peptides from the Protease Digest of Prawn (*Penaeus japonicus*) muscle. **Marine Biotechnology**, v.2, p.5-10, 2000.

TSUGE, N.; EIKAWA, Y.; NOMURA, Y.; YAMAMOTO, M.; SUGISAWA, K. Antioxidative activity of peptides by enzymatic hydrolysis of egg-white albumin. **Nippon Nogeikagaku Kaishi**, v.65, p.1635-1641, 1991.

TURRENS, J.F. Mitochondrial formation of reactive oxygen species. **Journal of Physiology**, v.552, n.2, p.335-344, 2003.

URSINI, F.; MAIORINO M.; MORAZZONI, P.; ROVERI, A.; PIFFERI, G. A novel antioxidant flavonoid (IdB 1031) affecting molecular mechanisms of cellular activation. **Free Radical Biology & Medicine**, v.16, n.5, p.547-553, 1994.

VALENZUELA, A. B.; NIETO S. K. **Los antioxidantes**: protectores de la calidad en La industria alimentaria. Asociación Argentina de Grasas y Aceites. Libro 10º Aniversario. Recopilación de Artículos Técnicos de 1990 - 2000. ed. 1 - 41, Tomo III, p. 85 - 94, 2001.

VAN ACKER, S.A.; VAN DEN BERG, D.J.; TROMP, M.N.; GRIFFIOEN, D.H.; VAN BENNEKOM, W.P.; VAN DER VIJGH, W.J.; BAST, A. Structural aspects of antioxidant activity of flavonoids. **Free Radic. Biol. Med.**, v.20, n.3, p.331-342, 1996.

VARADY, J.; GESSNER, D.K.; MOST, E.; EDER, K.; RINGSEIS, R. Dietary moderately oxidized oil activates the Nrf2 signaling pathway in the liver of pigs. **Lipids in Health and Disease**, v.11, p.1-9, 2012.

VERUSSA, G.H. Uso de lipídios na nutrição de suínos. **Revista Eletrônica Nutritime**,

v.12, n.5, 2015.

VIEIRA, P.A.F.; QUEIROZ, J.H. DE; ALBINO, L.F.T.; MORAES, G.H.K.DE; BARBOSA, A.DE A.; MÜLLER, E.S.; VIANA, M.T. DOS S. Efeitos da inclusão de farelo do resíduo de manga no desempenho de frangos de corte de 1 a 42 dias. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, n.12, p.2173-2178, 2008.

VIEIRA, L.M.M.; KIJJOA, A. Naturally occurring xanthenes: recent developments. **Current Medicinal Chemistry**, v.12, n.21, p.2413-2446, 2005.

WANASUNDARA, P.K.P.D.; SHAHIDI, F. Antioxidants: Science, Technology, and Applications. In: SHAHIDI, F. **Bailey's Industrial Oil and Fat Products: Chemistry, Properties and Health Effects**. 6.ed., v.1, cap.11, EUA, Wiley – interscience, 2005.

WANG, W.; KNOVICH, M.A.; COFFMAN, L.G.; TORTI, F.M.; TORTI, S.V. Serum ferritin: Past, present and future. **Biochimica et Biophysica Acta**. Elsevier. USA, v.1800, n.8, p. 760–769. 2010.

WELCH, K.D.; DAVIS, T.Z.; EDEN, M.E.V.; AUST, S.D. Deleterious iron-mediated oxidation of biomolecules. **Free Radical Biology & Medicine**; v.32, n.7, p.577-583, 2002.

YAN, L.; MENG, Q.W.; KIM, I.H. The effect of an herb extract mixture on growth performance, nutrient digestibility, blood characteristics and fecal noxious gas content in growing pigs. **Livestock Science**, v.141, n.2-3, p.143–147, 2011.

YILMAZ, Y. TOLEDO, R.T. Major flavonoids in grape seeds and skins: antioxidant capacity of catechin, epicatechin, and gallic acid. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.52, n.2, p.255-260, 2004.

ZDUNCZYK, Z.; JANKOWSKI, J.; KONCICKI, A. Growth performance and physiological state of turkeys fed diets with higher content of lipid oxidation products, selenium, vitamin E and vitamin A. **World's Poultry Science Journal**, v.58, p.357-364, 2002.

ZHANG, H.J.; JIANG, X.R.; MANTOVANI, G.; LUMBRERAS, A.E.V.; COMI, M.; ALBORALI, G.; SAVOINI, G.; DELL'ORTO, V.; BONTEMPO, V. Modulation of Plasma Antioxidant Activity in Weaned Piglets by Plant Polyphenols. **Italian Journal of Animal Science**, v.13, n.2, p.424-430, 2014.

ZHANG, C.; LUO, J.; YU, B.; ZHENG, P.; HUANG, Z.; MAO, X.; HE, J.; YU, J.; CHEN, J.; CHEN, D. Dietary resveratrol supplementation improves meat quality of finishing pigs through changing muscle fiber characteristics and antioxidative status. **Meat Science**, v.102, p.15–21, 2015.

ZHENG, W.; WANG, S.Y. Antioxidant Activity and Phenolic Compounds in Selected Herbs. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.49, n.11, p.5165–5170, 2001.

ZHU L. H., ZHAO K. L., CHEN X. L., XU J. X. Impact of weaning and an antioxidant blend on intestinal barrier function and antioxidant status in pigs. **Journal of Animal Science**, v.90, p.2581-2590, 2012.



EXTRATO ETANÓLICO DO CAROÇO DA MANGA COMO ANTIOXIDANTE PARA DIETA DE SUÍNOS NAS FASES DE CRESCIMENTO E TERMINAÇÃO

Lina Raquel Santos Araújo

Faculdade de Veterinária, Universidade Estadual do Ceará, Fortaleza, CE
<http://lattes.cnpq.br/7591378438576586>

Pedro Henrique Watanabe

Departamento de Zootecnia, Universidade Federal do Ceará
<http://lattes.cnpq.br/1287479281990951>

Ednardo Rodrigues Freitas

Departamento de Zootecnia, Universidade Federal do Ceará
<http://lattes.cnpq.br/1097985827805133>

Irvila Ricarte de Oliveira Maia

Escola Estadual Técnica de Embu, Embu das Artes, SP
<http://lattes.cnpq.br/8872908140082915>

Danilo Rodrigues Fernandes

Departamento de Zootecnia, Universidade Federal do Ceará
<http://lattes.cnpq.br/6272537260608587>

Marcelle Craveiro Abreu de Melo

Departamento de Zootecnia, Universidade Federal do Ceará
<http://lattes.cnpq.br/6416479216908971>

Ênio Campos da Silva

MBA em Produção Avícola, Didatus, Fortaleza, CE
<http://lattes.cnpq.br/6829076136051055>

Rennan Romullo Silva Pinheiro

Departamento de Zootecnia, Universidade Federal do Ceará
<http://lattes.cnpq.br/4638969440661699>

Eloisa Helena Mendes Vieira

Departamento de Zootecnia, Universidade Federal do Ceará
<http://lattes.cnpq.br/1889699702104978>

Maria Teresa Salles Trevisan

Departamento de Química, Universidade Federal do Ceará
<http://lattes.cnpq.br/9109195307461296>

Informações sobre o

artigo:

Recebido em:

01/09/2020

Aceite em:

14/09/2020

Data de publicação:

22/09/2020

RESUMO

O extrato etanólico do caroço de manga (EECM) apresenta elevada atividade antioxidante e ao ser administrado na alimentação pode reforçar o sistema de defesa antioxidante de suínos. Portanto, o estudo teve o propósito de avaliar os efeitos da inclusão do EECM sobre a estabilidade lipídica e potencial antioxidante da ração, o desempenho animal, características de carcaça, parâmetros hematológicos e bioquímicos, estabilidade oxidativa, compostos fenólicos, potencial e atividade antioxidante do soro de suínos nas

Palavras-chave:

Butilhidroxitolueno

Compostos fenólicos

Estabilidade oxidativa

Mangifera indica

Mangiferina

fases de crescimento e terminação. Foram utilizados 32 suínos machos castrados com 60 dias de idade e peso médio de $20,20 \pm 1,34$ kg, em um delineamento de blocos ao acaso, com 4 tratamentos e 8 repetições. Os tratamentos consistiram em: ração controle - sem adição de antioxidantes; Ração BHT - com 200 ppm de butilhidroxitolueno (BHT); Ração EECM200 - com 200 ppm de EECM; e Ração EECM400 - com 400 ppm de EECM. Rações adicionadas de antioxidantes apresentaram melhor estabilidade oxidativa e potencial antioxidante em relação ao controle. Os animais alimentados com rações contendo 400 ppm de EECM apresentaram maior ganho de peso até os 110 dias ($P < 0,05$). Suínos que consumiram ração contendo 200 ppm de EECM apresentaram redução da quantidade de hemácias ($P < 0,001$) e maior volume corpuscular médio ($P < 0,0001$), já os que consumiram a ração controle apresentaram redução no valor da concentração de hemoglobina corpuscular média em relação aos demais tratamentos ($P < 0,01$). A estabilidade lipídica, CF e potencial antioxidante do soro apresentaram efeito da interação tratamento e dia de coleta ($P < 0,05$), sendo os melhores resultados relacionados aos animais que consumiram ração contendo EECM. A atividade antioxidante total do soro não foi influenciada pelos tratamentos ($P > 0,05$). Concluiu-se que o EECM, quando administrado em rações de suínos ao nível de 400 ppm, confere melhoras ao desempenho de suínos até os 110 dias de idade e contribui para o aumento de compostos fenólicos circulantes, melhorando a estabilidade lipídica e o potencial antioxidante do soro desses animais.

ETHANOL EXTRACT OF MANGO SEED AS ANTIOXIDANT FOR PIGS GROWER-FINISHED DIETS

ABSTRACT

The ethanolic extract of mango seed (EEMS) has high antioxidant activity and when administered in feed can reinforce the antioxidant defense system of pigs. The objective of this study was to evaluate the effects of the inclusion of EEMS on lipid stability and antioxidant potential of feed, animal performance, carcass characteristics, hematological and biochemical parameters, oxidative stability, phenolic compounds, antioxidant potential and activity of in the growth and finishing phases. Thirty-two castrated male pigs with 60 days of age and average weight of 20.20 ± 1.34 kg were used in a randomized complete block design with 4 treatments and 8 replicates. The treatments consisted of control diet - without addition of antioxidants; BHT feed - with 200 ppm of butylhydroxytoluene (BHT); EEMS200 feed - with 200 ppm of EEMS; and EEMS400 feed - with 400 ppm of EEMS. Antioxidant added feeds showed better oxidative stability and antioxidant potential than control. Animals fed diets containing 400 ppm of EEMS presented greater weight gain up to 110 days ($P < 0.05$). Pigs which consumed diets containing 200 ppm of EECM showed a reduction in the number of red blood cells ($P < 0.001$) and a higher mean corpuscular volume ($P < 0.0001$), while those that consumed

Keywords:

Butylhydroxytoluene

Mangifera indica

Mangiferin

Oxidative stability

Phenolic compounds

the control diet had a reduction in the mean corpuscular hemoglobin concentration in relation to the other treatments ($P < 0.01$). The lipid stability, phenolic compounds and serum antioxidant potential showed an effect of interaction treatment and day of collection ($P < 0.05$), being the best results are related to the animals that consumed feed containing EEMS. The total antioxidant activity of the serum was not influenced by the treatments ($P > 0.05$). It was concluded that EEMS, when administered in pig feed at 400 ppm, improves the performance of pigs up to 110 days of age and contributes to the increase of circulating phenolic compounds, improving the lipid stability and the antioxidant potential of the serum of these animals.

INTRODUÇÃO

Atualmente a produção suinícola utiliza animais de elevado potencial para deposição muscular, tornando-os mais exigentes quanto ao manejo e à nutrição. A rápida velocidade de crescimento e a deposição de tecido magro aumentam a demanda sobre o sistema metabólico destes animais, o que pode levar a um aumento da atividade oxidativa, a menos que os sistemas antioxidantes sejam reforçados por meio da nutrição.

Fontes lipídicas têm sido incluídas nas rações de suínos com o propósito de obter uma dieta com maior densidade energética para suínos de elevado potencial genético, além de outras vantagens como uma melhor conversão alimentar (PUPA, 2004). A adição de lipídios traz também um inconveniente que é o aumento da suscetibilidade das rações à peroxidação lipídica, resultando em perda de desempenho (ENGBERG *et al.*, 1996), sendo necessário a utilização de antioxidantes nas rações para conter os processos oxidativos, mantendo o valor nutricional das rações armazenadas.

Os antioxidantes sintéticos comumente usados nas rações são o butilato de hidroxianisol (BHA) e o butil-hidroxitolueno (BHT), porém estes, nas doses recomendadas, não apresentam efeitos sobre as defesas antioxidantes dos animais, tendo como único objetivo prevenir os danos oxidativos que possam ocorrer durante o armazenamento das rações e de manter os valores nutricionais e energéticos das dietas (FISCHER *et al.*, 2005). Entretanto, antioxidantes sintéticos quando utilizados em maiores concentrações podem apresentar efeitos *in vivo* e ser prejudiciais à saúde (POWELL *et al.*, 1986), embora não existam trabalhos mais recentes sobre a toxicidade dessas substâncias, a problemática acerca dos antioxidantes sintéticos continua impulsionando pesquisas na área. Nesse sentido, aumentou-se o interesse por antioxidantes naturais de origem vegetal, principalmente os que

apresentam componentes fenólicos, como flavonoides, ácidos fenólicos e tocoferol, que retardam a oxidação e apresentam sinergismo com antioxidantes sintéticos (MELO *et al.*, 2003; AJILA *et al.*, 2007; HUBER *et al.*, 2012).

A indústria de processamento de alimentos e produtos agrícolas gera grandes quantidades de subprodutos ricos em compostos fenólicos, que podem ser valiosas fontes de antioxidantes naturais (BALASUNDRAM; SUNDAM. SAMMAN, 2006), como a manga. A manga (*Mangifera indica* L.) é uma fruta tropical que apresenta no caroço componentes que atuam como antioxidantes naturais, com destaque para a provitamina A, na forma de β -caroteno; vitaminas C e E e o composto fenol glicosilxantona, sob a forma de mangiferina (PURAVANKARA; BOHGRA; SHARMA, 2000; AJILA *et al.*, 2007; ABDALLA *et al.*, 2007; RIBEIRO *et al.*, 2008). Barreto *et al.* (2008), ao avaliar o extrato metanólico do caroço da manga de diferentes variedades cultivadas no Brasil, observaram riqueza de compostos polifenólicos e destacaram a atividade antioxidante da mangiferina, que ao ser administrada por via oral a suínos é absorvida, metabolizada, podendo ser detectada no soro, fezes e urina (BOCK; WALDMANN; TERNES, 2008).

Devido ao elevado conteúdo de ácido gálico, de ácido elágico e de mangiferina (SOONG; BARLOW, 2004; BARRETO *et al.*, 2008; RIBEIRO *et al.*, 2008), o mecanismo de ação antioxidante predominante do EECM parece ser a transferência de elétrons seguida da perda de prótons em fase aquosa (STEPANIC *et al.*, 2013), e que essa característica pode ser mantida por seus metabólitos produzidos *in vivo*, melhorando o estado oxidativo dos animais com possíveis efeitos sobre o desempenho, parâmetros sanguíneos e séricos e características de carcaça.

Portanto, objetivou-se avaliar o extrato etanólico do caroço da manga como antioxidante em rações para suínos nas fases de crescimento e terminação e seus efeitos sobre o desempenho, características de carcaça, parâmetros sanguíneos e bioquímicos, estabilidade lipídica, compostos fenólicos totais, potencial e atividade antioxidante total do soro.

MATERIAL E MÉTODOS

Preparação do extrato do caroço de manga

A preparação do extrato etanólico do caroço da manga (EECM) foi realizada no Laboratório de Produtos Naturais do Departamento de Química da Universidade Federal do

Ceará (UFC).

As variedades de manga utilizadas foram tommy e jasmim. Cerca de 200 kg de caroços e cascas foram obtidos de uma empresa de processamento de frutas, situada no município de Aquiraz - CE. O material foi lavado, os caroços foram separados e expostos ao sol por 48 horas, depois foram submetidos à secagem em estufa, à temperatura de 55 °C, por um período de 72 horas, obtendo-se 23,75 kg de caroço seco. Para iniciar o processo de extração, os caroços foram triturados, sofrendo uma perda de 10% do material durante o processamento.

O resíduo moído (21,30 kg) foi acondicionado em recipientes de vidro de 5 litros e submetido à extração a frio seguindo a metodologia de Barreto *et al.* (2008) com adaptações. Adicionou-se hexano aos recipientes, que continham cerca de 1,45 kg de caroço moído, em quantidade suficiente para mantê-lo imerso durante sete dias à temperatura ambiente (25 °C). Após a extração, o material foi filtrado e o extrato concentrado em rotoevaporador (Marconi MA120/TH) a 50°C, rotação de 60 rpm e pressão reduzida para obtenção do extrato hexânico. As extrações com hexano se repetiram por mais duas semanas, totalizando 21 dias de extração para uma mesma quantidade de resíduo, nessa etapa obteve-se 1,03 kg de extrato hexânico. Depois de seco em estufa, o caroço moído passou pelo mesmo processo de extração a frio utilizando dessa vez etanol para extração, obtendo 2,46 kg de EECM. Devido ao extrato apresentar características de gel, este foi diluído em óleo de soja degomado para ser misturado nas rações.

Caracterização do potencial antioxidante, fenólicos totais e atividade antioxidante total do EECM

Foram retiradas alíquotas do extrato para avaliação do potencial antioxidante, atividade antioxidante total e determinação de compostos fenólicos totais (Tabela 1). O butilato de hidroxitolueno (BHT) foi usado como padrão. O potencial antioxidante total dos extratos foi avaliado pela capacidade de sequestro do radical livre DPPH, de acordo com o procedimento descrito por Brand-Williams, Cuvelier e Berset (1995), resultados expressos em mg/L, referente à metade da concentração inibitória máxima (IC₅₀). A atividade antioxidante total (AAT) foi determinada pela captura do radical livre ABTS^{o+} (2,2'-azinobis(3-etilbenzotiazolina-6-ácido sulfônico)) e o resultado expresso em µM de capacidade antioxidante equivalente ao trolox (TEAC) por g de extrato (RUFINO *et al.*, 2007). A análise dos compostos fenólicos totais foi realizada pelo método Folin-Ciocalteu, expresso em mg

de equivalente de ácido gálico - EqAG— por g de extrato (FOLIN; CIOCALTEAU, 1927; MUELLER-HARVEY, 2001). Mesmo com o EECM apresentando potencial e atividade antioxidante total *in vitro* superior ao BHT, adotou-se as mesmas concentrações iniciais para o EECM e para o controle positivo com BHT.

Tabela 1 - Potencial antioxidante, atividade antioxidante total e compostos fenólicos totais (CF) do extrato etanólico do caroço de manga.

	DPPH ¹ IC ₅₀ (mg/L)	ABTS ² + ² (μM TEAC.g ⁻¹)	CF (mg EqAG/g)
EECM	175,66	518,68	95,50
BHT	289,17	350,83	-

¹ Radical livre 2,2 difenil-1-picril-hidrazil; ² Radical livre 2,2'-azinobis(3-etilbenzotiazolina-6-ácido sulfônico)

Instalações, animais e tratamentos

Todos os procedimentos realizados foram previamente aprovados pela Comissão de Ética em Pesquisa Animal (CEPA) da Universidade Federal do Ceará, sob o protocolo nº 73/2012.

O experimento foi desenvolvido no Setor de Suinocultura do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal do Ceará, no município de Fortaleza. Durante o período experimental a temperatura média registrada foi de 28,3°C e umidade relativa do ar de 70,7%.

Foram utilizados 32 suínos machos castrados de genética comercial com 60 dias de idade, peso médio de 20,20 ± 1,34 kg, que foram distribuídos entre quatro tratamentos, em um delineamento em blocos ao acaso, com oito repetições por tratamento, considerando o animal como unidade experimental. O critério adotado para a formação dos blocos foi o peso inicial dos animais.

O experimento foi realizado em galpão construído em alvenaria, com pé-direito de 3,0 m e equipado com cortinas nas laterais para o controle da ventilação interna. Os animais foram alojados em baias individuais equipadas com comedouro semiautomático e bebedouro do tipo chupeta.

Os tratamentos consistiram em: Controle = ração sem adição de antioxidante; BHT = ração com adição de 200 ppm de BHT; EECM200 = ração com 200 ppm de EECM; EECM400 = ração com 400 ppm de EECM.

As rações experimentais (Tabela 2) foram formuladas para as fases de crescimento I (60 a 90 dias), crescimento II (91 a 110 dias) e terminação (111 a 145 dias). Os valores da composição química dos alimentos e das exigências nutricionais dos leitões para o período

de crescimento e terminação, seguindo as recomendações de Rostagno *et al.* (2011), sendo isonutritivas. Em função dos tratamentos, o ingrediente inerte da ração foi substituído proporcionalmente pelos antioxidantes nos níveis pré-determinados.

Tabela 2- Composição percentual e nutricional das rações controle para cada fase experimental.

Ingredientes, %	Crescimento I	Crescimento II	Terminação
Milho moído	68,895	71,882	75,798
Farelo de soja	26,613	23,395	19,113
Óleo de soja	1,000	1,000	1,000
Fosfato bicálcico	1,126	1,297	1,694
Calcário calcítico	0,651	0,603	0,580
Suplemento mineral e vitamínico ¹	0,300	0,300	0,300
Sal	0,356	0,335	0,314
Lisina HCl	0,195	0,223	0,269
L-Treonina	0,035	0,042	0,076
DL-Metionina	0,024	0,020	0,027
L-Triptofano	0,000	0,000	0,002
Inerte (areia lavada)	0,805	0,903	0,827
Total	100,000	100,000	100,000
Valores calculados			
Energia metabolizável, kcal/kg	3.230	3.230	3.230
Proteína bruta	18,250	17,070	15,530
Fosforo disponível	0,314	0,269	0,250
Cálcio	0,635	0,552	0,512
Sódio	0,180	0,170	0,160
Lisina digestível	0,943	0,891	0,829
Metionina+Cistina digestível	0,556	0,526	0,497
Treonina digestível	0,613	0,579	0,555
Triptofano digestível	0,187	0,170	0,149

¹Níveis por kg de ração: vitamina A (3.199,87 UI), vitamina D3 (649,97 UI), vitamina E (8,5 UI), vitamina K3 (1,00 mg), vitamina B1 (0,33 mg), vitamina B2 (2,8 mg), vitamina B6 (0,60 mg), vitamina B12 (10,50 mcg), ácido fólico (0,25 mg), ácido pantotênico (9,34 mg), niacina (16,00 mg), selênio (0,30 mg), promotor de crescimento (22,01 mg), manganês (14,93 mg), zinco (0,08 g), ferro (0,05 g), cobre (7,98 mg), iodo (0,30 mg)

Estabilidade oxidativa e potencial antioxidante das rações

Foram coletadas amostras de ração de cada fase e de todos os tratamentos, totalizando 12, estas foram submetidas às análises de estabilidade lipídica e potencial antioxidante em dois tempos, no dia da fabricação e após 21 dias de estocagem em temperatura ambiente, a 28,3°C.

A análise de estabilidade oxidativa das amostras de ração foi realizada no Laboratório de Produtos Naturais e Biotecnologia do Departamento de Química da UFC através do teste de formação de substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS) de acordo com Cherian *et al.* (2002). Dois gramas de ração foram homogeneizados com 18 mL de ácido perclórico a 3,86% e 50 µL de BHT a 4,5%. Em seguida centrifugados a 10.000 g por 10 minutos a 4°C e filtrados em papel filtro. Do sobrenadante retirou-se 1 mL que foi adicionado de 1 mL de solução aquosa de ácido tiobarbitúrico (TBA) a 20 mM, depois levado a banho-maria a 95°C por 30 minutos. A reação foi interrompida com banho gelado e depois realizadas as leituras em espectrofotômetro a 531 nm. Os resultados foram expressos em µg de malondialdeído (MDA) por g de ração.

O potencial antioxidante foi determinado utilizando-se dois gramas de ração, que foram submetidos à extração metanólica (25 mL) por 3 horas sob agitação (250 rpm). Depois de filtrado o resíduo foi lavado com 20 mL de metanol e o volume ajustado para 50 mL (SMET; RAES; SMET, 2006). O extrato metanólico obtido foi utilizado para realização do teste de captura do radical livre DPPH de acordo com Brand-Willians, Cuvelier e Berset (1995).

Ensaio de desempenho

Durante os 90 dias do período experimental, os animais receberam ração e água à vontade. As rações foram administradas na forma farelada à vontade, sendo disponibilizadas quatro vezes ao dia, as sobras foram recolhidas e o peso dos animais registrados no fim de cada fase experimental (60, 90, 110 e 145 dias de idade dos suínos).

O desempenho zootécnico foi avaliado quanto ao consumo diário de ração (CDR), ganho diário de peso (GPD) e conversão alimentar (CA). O cálculo do CDR foi realizado por meio da diferença entre o peso da ração fornecida e o peso das sobras recolhidas no período, dividido pelo número de dias do período experimental, resultados expressos em kg/dia. O cálculo do GPD foi feito a partir da diferença do peso final de cada fase e peso inicial

do suíno, dividido pelo número de dias do período experimental, resultados expressos em kg/ dia. A CA foi calculada em função da relação entre o consumo de ração total e o ganho de peso total durante cada período experimental.

Abate dos animais

Ao final do período experimental os animais foram abatidos, no dia seguinte à última pesagem, sendo submetidos a jejum sólido de 12h. Os animais foram transportados por 15 km até o abatedouro localizado na região metropolitana de Fortaleza, CE, onde foram alojados em baias de descanso até a hora do abate. O abate foi conduzido de forma humanitária (LUDTKE *et al.*, 2010), os animais foram insensibilizados com choque elétrico, procedendo-se a pendura e sangria, depois a escaldagem, depilação, toaleta, evisceração e retirada da cabeça. As carcaças foram serradas longitudinalmente ao meio e pesadas, obtendo-se o peso da carcaça quente (PCQ) e o rendimento de carcaça (RC) a partir da relação entre PCQ e peso final. Em seguida, as meias carcaças foram levadas à câmara fria, em temperatura de refrigeração (4°C), permanecendo por 24 horas, para posterior avaliação.

Avaliação das características da carcaça

Seguindo o Método Brasileiro de Classificação de Carcaças (ABCS, 1973), na meia carcaça de cada animal foram realizadas as seguintes medidas: comprimento da carcaça (CC), espessura média de toucinho (EMT) - resultante das espessuras de toucinho na altura da primeira e última vértebra torácica e última vértebra lombar. A profundidade de lombo (PL) e a espessura de gordura (EG) foram medidas na altura da última costela, na região de inserção da última vértebra torácica com a primeira lombar a seis centímetros da linha média de corte da carcaça direita (ponto P2). Os valores foram obtidos com o auxílio do paquímetro digital e expressos em milímetros. No mesmo ponto foi medida a área de olho de lombo (AOL), através de captura da imagem da área de olho de lombo com o auxílio de câmera fotográfica digital e do Software de Engenharia AutoCAD®.

Com os valores de PCQ, EG e PL, foram calculadas a quantidade de carne magra (QCM) e porcentagem de carne magra (%CM), de acordo com as seguintes equações propostas por Guidoni (2000):

$$QCM = 7,38 - 0,48 \times EG + 0,059 \times PL + 0,525 \times PCQ$$

$$\%CM = 65,92 - 0,685 \times EG + 0,094 \times PL - 0,026 \times PCQ$$

Com os valores de %CM e PCQ determinou-se o índice de bonificação (IB), sendo este um fator de correção do valor da carcaça, expresso em porcentagem, conforme descrito por Fávero, Guidoni e Bellaver (1997) e indicado a seguir:

$$IB = 37,004721 + 0,094412 \times PCQ + 1,144822 \times \%CM - 0,000053067 \times PCQ \times \%CM + 0,000018336 \times PCQ^2 + 0,000409 \times \%CM^2$$

Avaliação de parâmetros sanguíneos e bioquímicos

Foram realizadas duas coletas de sangue nos 32 animais sem jejum prévio, aos 40 dias e aos 80 dias de experimento, correspondendo aos 100 e 140 dias de idade, respectivamente. Foram avaliados parâmetros hematológicos, bioquímicos, de estabilidade oxidativa e atividade antioxidante do soro.

Foram coletadas amostras de sangue por punção da veia jugular de cada animal. Uma amostra foi coletada em tubos com ácido etilenodiamino tetra-acético (EDTA) para realização do hemograma completo, as outras em tubos sem EDTA para realização de análises bioquímicas, estabilidade oxidativa e atividade antioxidante. As amostras de sangue foram acondicionadas em isopor e imediatamente levadas ao Laboratório de Patologia Clínica da Faculdade de Veterinária da Universidade Estadual do Ceará.

As amostras de sangue em EDTA foram colocadas em homogeneizador automático por no mínimo 15 minutos à temperatura ambiente antes da realização das análises. O eritrograma foi realizado pelo Analisador Hematológico Veterinário (Mindray® BC-2800 vet, China) de forma automatizada utilizando 13 µL do sangue total para obtenção da contagem de hemácias (HE), hemoglobina (HB), hematócrito (HT), volume corpuscular médio (VCM), concentração de hemoglobina corpuscular média (CHCM), contagem de plaquetas (PLQ) e contagem de leucócitos totais. A contagem do diferencial de leucócitos foi realizada em lâmina de esfregaço de sangue total corado pelo Panótico Rápido® (coloração hematológica instantânea) e avaliada em microscópio óptico (1000X) pela metodologia descrita por Jain (1993). A proteína total plasmática (PTP) foi medida através do refratômetro manual (Quimis®) e o resultado expresso em g/dL.

Para a realização da análise bioquímica, as amostras de sangue foram deixadas em temperatura ambiente para coagulação e posterior centrifugação a 1.500 g por 10 minutos.

Após a centrifugação, foi retirado o sobrenadante (soro), sendo cada amostra dividida em dois tubos de 2 mL para que cada alíquota fosse acondicionada e, posteriormente, utilizada nas respectivas determinações.

Em uma porção do soro foram dosados: colesterol total, colesterol HDL, triglicerídeos (TG), creatinina (CREA), transaminase oxalacética (TGO) e transaminase glutaropiruvica (TGP). Essas análises bioquímicas foram realizadas pelo método de automação (Metrolab 2300 plus) com kits cinéticos da Labtest conforme instrução do fabricante. O valor de colesterol LDL foi obtido subtraindo o valor do colesterol HDL do colesterol total.

Análises da estabilidade oxidativa, compostos fenólicos, potencial e atividade antioxidante totais do soro

Em outra parte do soro, foram dosados a quantidade de substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS), compostos fenólicos totais, potencial antioxidante e atividade antioxidante total (AAT). Essas análises foram realizadas nas dependências do Laboratório de Produtos Naturais e Biotecnologia do Departamento de Química da UFC.

A quantificação do MDA foi realizada em tubos nos quais foram adicionados 250 µL de soro seguido por 400 µL de ácido perclórico a 35% e mantidos em banho-maria (37°C; 1 hora). Posteriormente a mistura foi centrifugada (1.400g; 10 minutos) e 600 µL do sobrenadante foi adicionado a 200 µL a TBA (1,2%) essa mistura foi levada ao banho-maria (95°C; 30 minutos). Após resfriada, a leitura foi realizada em espectrofotômetro (Femto® 700 Plus, Brasil) a 535 nm. Os resultados obtidos foram expressos em nmol de MDA/mL de soro (DRAPER; HADLEY, 1990).

Para evitar a influência de proteínas séricas na avaliação da atividade antioxidante, o soro foi desproteinado. Uma mistura de 0,5 mL de soro e 0,5 mL de acetona foram agitadas durante 1 min e depois centrifugadas a 4°C (5.500 g; 5 minutos) para desproteinização da amostra. O sobrenadante foi filtrado com uma pipeta de Pasteur com algodão para remover pequenas partículas, obtendo-se o extrato de soro (FERREIRA *et al.*, 2014).

Os componentes fenólicos foram mensurados segundo Parker *et al.* (2007). Em 100 µL do extrato final foi adicionado 0,5mL de reagente de Folin-Ciocalteu a 10% (v /v). Passados 3 min, foi adicionado 0,4 mL de carbonato de sódio (75%), incubado a 45°C por 25 min em banho seco (ThermoMixer C, Eppendorf®) e a absorbância medida em espectrofotometro a 765 nm. A quantificação foi feita com base na curva padrão gerada com

ácido gálico e os resultados expressos em equivalentes de ácido gálico $\mu\text{g/mL}$.

O potencial antioxidante no soro foi avaliado pelo percentual de captura do radical livre DPPH, absorvância medida em espectrofotometro (JANASZEWSKA; BARTOS, 2002). Uma alíquota de 400 μL de solução metanólica do radical livre DPPH (0,1mM) foi adicionado a 360 μL de tampão de fosfato (pH 7,4) mais 40 μL do extrato e homogeneizado em vórtex. A absorvância foi lida em espectrofotometro (Femto 700 plus) a 505 nm em 20 minutos após a mistura. A inibição (descoloração) do radical livre DPPH foi calculada como a percentagem relativa de absorvância perdida da amostra no momento da leitura em relação ao controle (400 μL de solução do radical livre DPPH mais 400 μL de tampão de fosfato).

A atividade antioxidante total foi mensurada pelo percentual de captura do radical $\text{ABTS}^{\circ+}$ (RE *et al.*, 1999). Uma alíquota de 10 μL de extrato foi adicionado a 1 mL da solução diluída do radical $\text{ABTS}^{\circ+}$, e a absorvância foi lida a 30 °C exatamente 6 minutos após a mistura inicial em espectrofotometro a 734 nm. A percentagem de inibição da absorvância em branco ($0,70 \pm 0,02$) foi calculada para cada amostra.

Análise estatística

As análises estatísticas dos dados foram realizadas utilizando-se o PROC GLM (Statistical Analysis System, versão 9.2). Para os dados de desempenho características de carcaça, a comparação entre as médias foi realizada pelo teste de SNK a 5% de probabilidade, já para os parâmetros sanguíneos e bioquímicos, estabilidade oxidativa e atividade antioxidante do soro, foi adicionado ao modelo de análise o efeito do dia de coleta aos 100 e 140 dias de idade e da interação tratamento x dia de coleta.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Estabilidade oxidativa e potencial antioxidante das rações

Maior potencial antioxidante foi observado na ração adicionada de 400 ppm de EECM, tanto na ração recém-fabricada quanto na armazenada por 21 dias, enquanto o grupo controle apresentou os menores valores (Tabela 3). A adição de ingredientes ricos em compostos fenólicos, incrementam a quantidade desses compostos na ração total (VIEIRA *et al.*, 2008), relacionando-se positivamente com o aumento do potencial antioxidante da

ração.

Quanto ao TBARS, os tratamentos apresentaram valores com baixa variação, entretanto, maior quantidade de MDA foi determinada nas amostras de ração sem antioxidantes, tanto no dia zero quanto após 21 dias de armazenamento. Lipídios pouco oxidados implicam baixas variações no valor de TBARS, por não ser um teste muito específico (VARADY *et al.*, 2012). Portanto, os resultados deste estudo sugerem uma maior proteção contra a oxidação nas rações adicionadas de antioxidantes.

Tabela 3- Potencial antioxidante e valor de substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS) das rações contendo BHT e EECM nos dias 0 e 21 de armazenamento.

	Dia	Tratamentos				Média
		Controle	BHT	EECM200	EECM400	
DPPH ¹ , %	0	54,87	57,53	57,49	65,12	58,75
	21	56,30	58,61	59,14	62,50	59,14
TBARS, µg/g	0	2,90	2,87	2,80	2,71	2,82
	21	3,17	2,74	2,96	3,05	2,98

¹Radical livre 2,2 difenil-1-picril-hidrazila

Ensaio de desempenho

Em relação ao desempenho dos animais (Tabela 4), dos 60 aos 90 dias de idade os animais que receberam maior quantidade de EECM na ração (400 ppm) apresentaram maior consumo diário de ração ($P<0,05$) quando comparado ao grupo controle e maior ganho diário de peso em relação aos grupos controle e EECM200. Já dos 60 aos 110 dias de idade, nos parâmetros analisados, observou-se apenas diferença para o GPD ($P<0,05$), animais que consumiram ração contendo 400 ppm de EECM apresentaram maior GPD em relação aos animais que não receberam ração contendo antioxidantes. Entretanto, quando se analisou todo o período, não houve diferenças entre os tratamentos ($P>0,05$).

Os resultados encontrados neste estudo são semelhantes aos obtidos por Yan, Meng e Kim (2011), que observaram efeitos positivos da adição de extrato de trigo mourisco, cúrcuma, pimenta preta e gengibre na ração sobre o desempenho de suínos na fase de crescimento. Porém, quando se analisou todo o período experimental (crescimento e terminação), o efeito dos tratamentos sobre o desempenho não se manteve, concordando com a maioria dos trabalhos, que não relacionam a adição de antioxidantes à ração com melhorias no desempenho dos animais (ROSSI *et al.*, 2010; HE; WANG; WANG, 2010; SILVA *et al.*, 2013; HANCZAKOWSKA; SWIATKIEWICZ; GRELA, 2015; LI *et al.*, 2015).

Tabela 4 - Desempenho de suínos na alimentados com rações contendo BHT e EECM.

	Tratamentos				Média	CV ⁴ (%)	Valor de P
	Controle	BHT	EECM200	EECM400			
60 aos 90 dias							
CDR ¹ , kg/dia	1,35 ^b	1,52 ^{ab}	1,48 ^{ab}	1,67 ^a	1,51	14,38	0,0197
GPD ² , kg/dia	0,666 ^b	0,779 ^{ab}	0,710 ^b	0,832 ^a	0,747	14,23	0,0042
CA ³	2,03	1,96	2,09	2,00	2,02	5,55	0,1088
60 aos 110 dias							
CDR ¹ , kg/dia	1,83	2,00	1,94	2,08	1,96	10,45	0,0785
GPD ² , kg/dia	0,808 ^b	0,890 ^{ab}	0,836 ^{ab}	0,901 ^a	0,859	8,35	0,0216
CA ³	2,28	2,29	2,31	2,31	2,30	11,77	0,9912
60 aos 145 dias							
CDR ¹ , kg/dia	2,16	2,34	2,28	2,37	2,29	9,32	0,2205
GPD ² , kg/dia	0,856	0,925	0,869	0,896	0,887	7,79	0,2040
CA ³	2,54	2,52	2,62	2,65	2,58	5,91	0,2274

¹Consumo diário de ração; ² Ganho diário de peso; ³Conversão Alimentar; ⁴Coefficiente de variação. ^{a,b} Médias seguidas por letras distintas nas linhas diferem pelo teste SNK a 5% de probabilidade.

A adição de lipídios à ração de suínos aumenta a suscetibilidade à oxidação lipídica durante o armazenamento, e o consumo de alimentos oxidados resulta em redução do desempenho dos animais (BOLER *et al.*, 2012), devido à redução do conteúdo energético da ração, do consumo de ração e do aproveitamento de nutrientes (SCOTT; NESHEIN; YOUNG, 1982), e dessa forma estes efeitos podem ser amenizados pelo uso de antioxidantes. O EECM adicionado às rações pode ter contribuído para a maior aceitabilidade das rações na primeira fase, resultando em maior consumo e ganho de peso diário, e nas fases seguintes como a ingestão de alimentos é limitada pelo consumo de energia (ROSTAGNO *et al.*, 2011), não foram observados efeitos da adição do EECM.

Características de carcaça

A adição dos antioxidantes na ração de suínos não afetou as características de carcaça ($P>0,05$) desses animais (Tabela 5). Estudos anteriores também não observaram efeitos da adição de antioxidantes à ração sobre peso de carcaça, rendimento de carcaça, comprimento de carcaça, quantidade de carne magra, espessura de toucinho e área de olho de lombo de suínos (ROSSI, *et al.*, 2010; SILVA *et al.*, 2013; HANCZAKOWSKA; SWIATKIEWICZ; GRELA, 2015).

Características de carcaça podem ser afetadas pelo consumo de ração adicionada de compostos fenólicos. Extratos cítricos, fontes de bioflavonoides e ácido ascórbico, quando adicionados à ração de suínos foram responsáveis pelo aumento do percentual de carne magra na carcaça (ROSSI *et al.*, 2010). Polifenóis, como o resveratrol, podem reduzir a massa

de gordura subcutânea e teor de gordura intramuscular de suínos, por meio da redução da atividade de enzimas relacionadas à lipogênese e ativação de enzimas responsáveis pela lipólise (ZHANG *et al.*, 2015), entretanto, esta propriedade ainda não foi observada com o EECM.

Tabela 5 - Características da carcaça de suínos alimentados com rações contendo BHT e EECM.

	Tratamentos				Média	CV ¹¹ (%)	Valor de P
	Controle	BHT	EECM200	EECM400			
PCQ ¹ , kg	73,36	78,5	74,17	76,84	75,72	7,02	0,2131
RC ² , %	73,07	73,61	72,78	74,62	73,52	2,39	0,1657
CC ³ , cm	90,51	93,99	93,00	92,44	92,48	3,28	0,0919
EMT ⁴ , mm	24,17	24,72	25,87	25,73	25,12	15,73	0,8095
AOL ⁵ , cm ²	46,91	46,72	37,83	41,57	43,26	29,02	0,4188
EG ⁶ , mm	12,35	11,03	14,09	14,15	12,90	39,72	0,5722
PL ⁷ , mm	62,20	65,35	61,56	63,05	63,04	15,18	0,8842
QCM ⁸ , kg	43,64	47,15	43,19	44,65	44,66	9,80	0,2749
CM ⁹ , %	61,40	62,47	60,13	60,15	61,04	6,45	0,6059
IB ¹⁰ , %	115,63	117,38	114,19	114,48	115,42	4,16	0,5590

¹Peso de carcaça quente; ²Rendimento de carcaça; ³Comprimento de carcaça; ⁴Espessura média de toucinho; ⁵Área de olho de lombo; ⁶Espessura de gordura; ⁷Profundidade de lombo; ⁸Quantidade de carne magra; ⁹Percentual de carne magra; ¹⁰Índice de bonificação; ¹¹Coefficiente de variação; Médias não diferiram pelo teste SNK a 5% de probabilidade

Existe uma alta correlação positiva entre o peso vivo dos animais, o abate e as características de carcaça, tais como, peso de carcaça quente, rendimento de carcaça, comprimento de carcaça, área de olho de lombo e percentual de gordura interna (CARTAXO; SOUSA, 2008). Portanto, como não foram observadas diferenças no desempenho dos suínos e por consequência no peso ao abate, as características de carcaça também não foram influenciadas pela adição de BHT ou EECM à ração dos animais, corroborando com outros autores (SILVA *et al.*, 2013; HANCZAKOWSKA; SWIATKIEWICZ; GRELA, 2015). Dessa forma, o EECM pode ser empregado nas rações de suínos sem prejuízos para as características de carcaça.

Parâmetros sanguíneos e bioquímicos

Alguns parâmetros do eritrograma diferiram entre os tratamentos (Tabela 6), tais como o número de hemácias ($P < 0,001$), volume corpuscular médio ($P < 0,0001$) e concentração de hemoglobina corpuscular média ($P < 0,01$). Hematócrito e hemoglobina média não sofreram efeito dos tratamentos ($P > 0,05$). Os animais que consumiram ração com inclusão intermediária de EECM (200 ppm) apresentaram maior volume corpuscular médio e menor número de hemácias em relação aos demais tratamentos. Suínos que consumiram

ração sem antioxidantes apresentaram menor concentração de hemoglobina corpuscular média quando comparado aos outros grupos. Já em relação ao dia de coleta, os parâmetros: número de hemácias, hemoglobina média, hematócrito e volume corpuscular médio, aumentaram com a idade do animal ($P < 0,05$), enquanto a concentração de hemoglobina corpuscular média e número de plaquetas não foram alterados ($P > 0,05$).

Tabela 6- Eritrograma de suínos alimentados com dietas contendo BHT e EECM.

	Tratamentos (T)				Média	CV ⁷ (%)	Valor de P		
	Controle	BHT	EECM200	EECM400			T	Dia	TxDia
HE ¹ x10 ⁶ /μL									
100 dias	7,08	7,24	6,65	7,20	7,04 ^B	7,65	0,001	0,022	0,469
140 dias	7,69	7,37	6,78	7,48	7,33 ^A	7,71			
Médias	7,39 ^a	7,31 ^a	6,71 ^b	7,34 ^a					
HB ² g/%									
100 dias	11,99	12,34	12,41	12,46	12,30 ^B	6,42	0,841	<0,0001	0,219
140 dias	13,46	12,80	12,98	13,15	13,10 ^A	5,31			
Médias	12,72	12,57	12,69	12,81					
HT ³ %									
100 dias	39,88	39,88	39,88	40,63	40,06 ^B	5,98	0,385	<0,0001	0,394
140 dias	44,38	41,63	42,50	42,88	42,84 ^A	5,56			
Médias	42,12	40,75	41,19	41,75					
VCM ⁴ μm ³									
100 dias	56,39	55,11	60,03	56,36	56,97 ^B	5,12	<0,0001	0,013	0,795
140 dias	57,74	56,60	62,66	57,30	58,58 ^A	5,94			
Médias	57,06 ^b	55,86 ^b	61,34 ^a	56,83 ^b					
CHCM ⁵ %									
100 dias	30,03	30,90	31,29	30,73	30,73	2,89	0,008	0,182	0,107
140 dias	30,30	30,70	30,48	30,63	30,53	1,24			
Médias	30,16 ^b	30,80 ^a	30,88 ^a	30,67 ^a					
PLQ ⁶ x10 ³ /μL									
100 dias	476,50	433,38	529,13	523,13	490,53	23,37	0,051	0,895	0,787
140 dias	461,13	455,63	568,38	491,63	494,19	22,52			
Médias	468,81	444,50	548,75	507,38					

¹Hemácias; ²Hemoglobina; ³Hematócrito; ⁴Volume corpuscular médio; ⁵Concentração de hemoglobina corpuscular média; ⁶Plaquetas; ⁷Coefficiente de variação; ^{a,b} Médias seguidas por letras distintas na linha diferem pelo teste SNK a 5% de probabilidade; ^{A,B} Médias seguidas por letras distintas na coluna diferem pelo teste SNK a 5% de probabilidade.

De acordo com outros autores, antioxidantes naturais adicionados à ração não influenciam parâmetros hematológicos (PACHECO *et al.*, 2012; LI *et al.*, 2015). Neste estudo, suínos que consumiram ração sem antioxidantes apresentaram menores valores de CHCM

($P < 0,05$), o que pode estar relacionado à ausência da ação protetora dos antioxidantes contra lesões oxidativas sobre a hemoglobina (RIBEIRO, 2013).

Estudos *in vitro* com extrato de casca de manga, demonstraram seu potencial de inibir a hemólise oxidativa de eritrócitos induzida por H_2O_2 em condições experimentais (AJILA; RAO, 2008). Comparativamente, o extrato do caroço da manga apresenta maior conteúdo de compostos fenólicos totais que o extrato da casca, e potencial antioxidante cerca de três vezes maior (FREITAS *et al.*, 2015). Neste estudo, mesmo utilizando o caroço da manga como fonte de antioxidantes, não se pode avaliar a extensão dos efeitos mencionados anteriormente, pois os animais não foram submetidos a nenhuma condição intencional que desencadeasse estresse oxidativo.

Os resultados sugerem efeitos da adição de 200 ppm de EECM na ração sobre parâmetros eritrocitários. À medida que o número de hemácias diminuiu, o volume corpuscular médio aumentou de forma compensatória. Embora tenham sido encontradas diferenças entre os tratamentos para os parâmetros eritrocitários estudados, os valores apresentados estão dentro da normalidade para a espécie suína (JAIN; SHAKMS, 1986). Valores de hemácias, hemoglobina, hematócrito e VCM de suínos aumentaram no final da fase de terminação, o que está associado ao amadurecimento fisiológico dos animais (BEZERRA, 2014).

Foram observados efeitos dos tratamentos sobre a quantidade de leucócitos (Tabela 7), que se mostrou maior no grupo BHT ($P < 0,01$). Em relação ao dia de coleta, observou-se aumento da quantidade de leucócitos totais e de linfócitos com o aumento da idade ($P < 0,05$).

Yan, Meng e Kim (2011) observaram aumento do número absoluto de leucócitos e relativo de linfócitos em suínos em fase de crescimento suplementados com extrato metanólico de ervas (trigo mourisco, tomilho, cúrcuma, pimenta preta e gengibre) e relacionaram esse achado com um melhor estado de saúde com reflexos positivos no desempenho.

Em ratos, o consumo de BHT a curto prazo tem sido relacionado ao aumento do tempo de coagulação sanguínea, potencializado pela lenta excreção do BHT e de seus metabólitos, devido à circulação entero-hepática (POWELL *et al.*, 1986; COTTRELL *et al.*, 1994). Os suínos, embora apresentem maior tolerância à ingestão de BHT quando comparado a outras espécies (MADHAVI; SALUNKHE, 1997), neste estudo apresentaram aumento na liberação de leucócitos na circulação sugerindo uma possível resposta a esse antioxidante sintético.

Tabela 7- Parâmetros leucocitários de suínos alimentados com dietas contendo BHT e EECM.

	Tratamentos (T)				Média	CV ⁴ (%)	Valor de P		
	Controle	BHT	EECM200	EECM400			T	Dia	TxDia
LT ¹ x10 ³ /μL									
100 dias	15,65	16,41	14,16	13,54	14,94 ^B	16,93	0,002	0,009	0,604
140 dias	16,35	19,46	16,45	14,75	16,75 ^A				
Médias	16,00 ^b	17,94 ^a	15,31 ^b	14,14 ^b					
SEGM ² x10 ³ /μL									
100 dias	6,83	5,72	4,96	5,01	5,63	34,14	0,723	0,085	0,196
140 dias	6,22	8,29	6,08	5,58	6,54				
Médias	6,52	7,01	5,52	5,30					
LINF ³ x10 ³ /μL									
100 dias	7,16	9,24	7,63	7,51	7,88 ^B	22,68	0,052	0,026	0,739
140 dias	9,02	9,90	8,97	8,02	8,98 ^A				
Médias	8,09	9,57	8,30	7,76					

¹Leucócitos totais; ²Neutrófilos segmentados; ³Linfócitos; ⁴Coeficiente de variação; ^{a,b} Médias seguidas por letras distintas na linha diferem pelo teste SNK a 5% de probabilidade; ^{A,B} Médias seguidas por letras distintas na coluna diferem pelo teste SNK a 5% de probabilidade.

O aumento do número de linfócitos ocorre com a idade e é característico da espécie (MEYER; HARVEY, 2004; BEZERRA, 2014). A quantidade de leucócitos é elevada nos suínos com mais idade, o que pode estar relacionado ao estresse que os animais são submetidos, às condições de alojamento e aos desafios imunológicos (BEZERRA, 2014). A liberação leucócitos na corrente sanguínea é influenciada pelo estresse social e estresse térmico (MORROW-TESCH; MCGLONE; SALAK-JOHNSON, 1994). Neste estudo, o aumento do número de leucócitos pode ser justificado pelo acréscimo de linfócitos circulantes que ocorre naturalmente com a idade na espécie suína, devido à estimulação do sistema imunológico que ocorre com o tempo.

Os parâmetros bioquímicos não apresentaram diferenças significativas entre os tratamentos (Tabela 8). Porém, os níveis de colesterol, LDL, HDL e creatinina aumentaram com a idade (P<0,05).

A literatura apresenta resultados controversos em relação aos efeitos de antioxidantes adicionados à ração sobre os níveis de TG e colesterol sérico de suínos. Embora em alguns estudos a adição antioxidante natural na ração não tenha alterado os níveis de TG e colesterol (PACHECO *et al.*, 2012), outros autores relataram redução nos níveis de colesterol sanguíneo em 12,9% (LANFERDINI *et al.*, 2013) e de triacilgliceróis em 26,3% (ZHANG *et al.*, 2015). Os diferentes resultados relacionam-se principalmente aos tipos de moléculas adicionadas aos alimentos e seus mecanismos de ação.

Compostos fenólicos podem interferir no metabolismo lipídico. Os flavonoides

naringina, rutina e resveratrol quando adicionados à alimentação são responsáveis pela elevação do colesterol-HDL, diminuindo os fatores de risco para as doenças cardiovasculares (SILVA *et al.*, 2001; ZHANG *et al.*, 2015). Entretanto, o EECM nas concentrações adotadas neste estudo não foi capaz de influenciar tais parâmetros bioquímicos. O avanço da idade dos suínos (dos 100 para os 140 dias) implica aumento dos níveis séricos de colesterol, LDL e HDL, conforme já evidenciado em estudo anterior (GODOY *et al.*, 2008)

Tabela 8 - Parâmetros bioquímicos de suínos alimentados com dietas contendo BHT e EECM.

	Tratamentos (T)				Média	CV ⁹ (%)	Valor de P		
	Controle	BHT	EECM200	EECM400			T	Dia	TxDia
COL ¹ , mg/dL									
100 dias	69,75	77,50	79,37	76,87	75,87 ^B	11,50	0,099	<0,0001	0,309
140 dias	100,75	100,00	108,37	95,75	101,22 ^A				
Médias	85,25	88,75	93,87	86,31					
LDL ² , mg/dL									
100 dias	31,62	36,12	40,87	33,87	35,62 ^B	23,70	0,171	<0,0001	0,757
140 dias	49,37	49,87	52,50	44,50	49,06 ^A				
Médias	40,50	43,00	46,69	39,19					
HDL ³ ,mg/dL									
100 dias	38,12	41,37	38,50	43,00	40,25 ^B	15,89	0,747	<0,0001	0,264
140 dias	51,37	50,12	55,87	51,25	52,16 ^A				
Médias	44,75	45,75	47,19	47,12					
CREA ⁴ , mg/dL									
100 dias	1,06	1,11	1,24	1,20	1,15 ^B	16,28	0,599	0,030	0,221
140 dias	1,25	1,35	1,25	1,20	1,26 ^A				
Médias	1,16	1,23	1,24	1,20					
TGO ⁵ , UI/L									
100 dias	22,50	19,62	18,12	29,25	22,37	47,21	0,238	0,655	0,592
140 dias	19,50	20,00	21,87	23,50	21,22				
Médias	21,00	19,81	20,00	26,37					
TGP ⁶ , UI/L									
100 dias	25,37	33,87	26,87	28,50	28,66	29,45	0,188	0,378	0,900
140 dias	28,25	33,00	30,25	30,87	30,59				
Médias	26,81	33,44	28,56	29,69					
TG ⁷ , mg/dL									
100 dias	34,62	32,37	43,50	29,25	34,94	37,39	0,241	0,551	0,654
140 dias	32,12	33,12	35,25	31,62	33,03				
Médias	33,37	32,75	39,37	30,44					
PTP ⁸ , g/dL									
100 dias	6,95	7,10	7,18	7,03	7,06	4,34	0,556	0,072	0,936
140 dias	7,18	7,20	7,28	7,20	7,21	4,56			
Médias	7,06	7,15	7,22	7,11					

¹Colesterol total; ²Colesterol LDL; ³Colesterol HDL; ⁴Creatinina; ⁵Transaminase oxalacética; ⁶Transaminase glutaropiruvica; ⁷Triglicerídeo; ⁸ Proteína total plasmática; ⁹Coefficiente de variação; ^{A,B} Médias seguidas por letras distintas na coluna diferem pelo teste SNK a 5% de probabilidade

A creatinina é utilizada clinicamente para avaliar a função renal, que neste estudo

não foi comprometida pela utilização do extrato etanólico de caroço de manga. A creatina participa nas reações metabólicas no interior das células e é catabolizada nos músculos gerando creatinina que é então secretada pelos rins na urina (TERJUNG *et al.*, 2000). Ao final da fase de terminação os níveis de creatinina no soro de suínos aumentam, fato atribuído a maior massa e atividade muscular dos animais nesta fase (BEZERRA, 2014).

Os níveis séricos das enzimas TGO e TGP não foram afetados pelo consumo de ração contendo antioxidantes, permanecendo dentro da faixa de normalidade para a espécie suína (KANEKO; HARVEY; BRUSS, 2008) e isentando o EECM de danos hepáticos ou musculares. Em ratos, o consumo de polpa de manga foi relacionado ao aumento dos níveis séricos destas enzimas (TGO/TGP), sugerindo uma ação pró-oxidativa no fígado (TOLEDO *et al.*, 2013).

Os teores de TGO são maiores nos animais mais jovens, quando comparados aos animais em outras fases (BEZERRA, 2014). O aumento da atividade enzimática de TGO no sangue pode estar associado com fadiga e exercício muscular (LAMA *et al.*, 2010). De acordo com Zhong *et al.* (2011), há uma correlação positiva entre a TGO e o teor de gordura intramuscular, que pode aumentar com a idade. Entretanto, nesta pesquisa, os níveis das enzimas TGO e TGP não foram alterados com a idade, indicando ausência de fatores determinantes de possíveis danos hepáticos ou musculares.

Estabilidade oxidativa, compostos fenólicos, potencial e atividade antioxidante totais do soro

A quantidade de malondialdeído (MDA) sérico, de compostos fenólicos totais e o potencial antioxidante do soro (Tabela 9) apresentaram efeito da interação tratamento x dia. Na fase final da terminação (140 dias de idade), suínos que consumiram ração com 400 ppm de EECM apresentaram menor quantidade de MDA sérico em relação aos demais tratamentos ($P < 0,05$). Os níveis de TBARS aumentaram com a idade dos animais ($P < 0,05$).

A peroxidação lipídica é uma cadeia de reações mediada por radicais livres que quando iniciada resulta na degradação oxidativa dos lipídios poli-insaturados, sendo os alvos mais comuns são os componentes de membranas biológicas (GROTTO *et al.*, 2009). Esse processo resulta em uma variedade de intermediários e produtos finais incluindo hidroperóxidos lipídicos, aldeídos e o MDA (MOSELHY *et al.*, 2013). A quantidade de MDA sérico é influenciada pelo consumo de lipídios oxidados, que por sua vez reduz a quantidade de α -tocoferol e selênio sérico, reduzindo as defesas antioxidantes (HANSON *et al.*, 2016).

Tabela 9 – Substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico, compostos fenólicos totais, potencial antioxidante e atividade antioxidante total do soro de suínos alimentados com rações contendo BHT e EECM.

	Tratamentos (T)				Média	CV ⁵	Valor de P		
	Controle	BHT	EECM200	EECM400			T	Dia	TxDia
TBARS ¹ , MDA nmol/ mL									
100 dias	1,27 ^{bA}	1,18 ^{aB}	1,20 ^{aB}	1,16 ^{aB}	1,20	8,94	0,0004	<0,0001	0,0234
140 dias	2,85 ^{aA}	2,70 ^{aA}	2,76 ^{aA}	2,40 ^{bA}	2,68				
Média	2,06	1,94	1,98	1,78					
CF ² , EqAG µg/ mL									
100 dias	27,85 ^{aA}	31,74 ^{aA}	28,06 ^{aB}	29,31 ^{aA}	29,24	8,59	0,0003	0,0011	<0,0001
140 dias	23,88 ^{cB}	25,47 ^{cB}	31,42 ^{aA}	27,83 ^{bA}	27,15				
Média	25,86	28,60	29,74	28,57					
DPPH ³ , %									
100 dias	4,66 ^{bB}	4,68 ^{bB}	5,56 ^{bB}	9,91 ^{aA}	6,20	19,87	<0,0001	<0,0001	0,0222
140 dias	8,35 ^{bA}	7,35 ^{bA}	7,74 ^{bA}	10,36 ^{aA}	8,45				
Média	6,50	6,01	6,65	10,14					
ABTS ^{o+4} , %									
100 dias	16,51	17,28	16,94	14,13	16,28 ^B	13,06	0,0933	<0,0001	0,3431
140 dias	31,36	33,86	33,00	30,41	32,16 ^A				
Média	23,81	25,57	24,97	22,81					

¹Substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico; ² Compostos fenólicos totais; ³Radical livre 2,2 difenil-1-picril-hidrazil; ⁴Radical livre 2,2'-azinobis(3-etilbenzotiazolina-6-ácido sulfônico); ⁵Coefficiente de variação; ^{a,b} Médias seguidas por letras distintas na linha diferem pelo teste SNK a 5% de probabilidade; ^{A,B} Médias seguidas por letras distintas na coluna, diferem pelo teste SNK a 5% de probabilidade.

Neste estudo, o consumo de antioxidantes por 40 dias (aos 100 dias de idade) não foi suficiente para mostrar efeitos benéficos sobre a estabilidade oxidativa do soro, corroborando com Nasser *et al.* (2011) que não observaram efeitos de antioxidantes a curto prazo sobre marcadores da oxidação lipídica. Entretanto, aos 140 dias de idade e após 80 dias de consumo de ração contendo 400 ppm de EECM observou-se redução da quantidade de MDA sérico, sugerindo uma melhor estabilidade oxidativa do soro desses animais.

Bezerra (2014) relatou que concentrações séricas de MDA são maiores nos animais mais jovens (70 dias), devido às condições de estresse relacionadas com a fase de creche, após esse período, os níveis se mantêm constantes até o abate. Porém, ao contrário deste estudo, observou-se aumento dos níveis séricos de MDA nmol/mL entre as coletas realizadas aos 100 e as 140 dias de idade (P<0,05).

Não foram observadas diferenças entre os tratamentos em relação à quantificação de compostos fenólicos totais no soro de animais aos 100 dias de idade (P>0,05). Entretanto, aos 140 dias de idade, maior quantidade de compostos fenólicos totais foi encontrada no soro de suínos que consumiram ração contendo 400 ppm de EECM, seguidos dos 200 ppm de EECM em relação aos demais grupos (P<0,001). Com o aumento da idade dos suínos, observou-se um decréscimo na quantidade de compostos fenólicos totais no soro de animais

que consumiram ração sem antioxidantes e dos alimentados com ração contendo BHT, enquanto esses níveis aumentaram nos suínos que consumiram ração adicionada de 200 ppm de EECM ($P < 0,05$).

Informações sobre o destino metabólico de polifenóis ingeridos é muito limitada (BOCK; WALDMANN; TERNES, 2008; AZORIN-ORTUÑO *et al.*, 2011). A evidência de que os flavonoides são absorvidos por suínos é fornecida por Azorin-Ortuño *et al.* (2011), que detectaram resveratrol e seus metabolitos em vários órgãos e fluidos de suínos seis horas após a administração intragástrica. A mangiferina, importante xantona presente no EECM, quando administrada a suínos é metabolizada a aglicona de mangiferina, sob esta forma é absorvida e transportada pela corrente sanguínea podendo contribuir para efeitos antioxidantes (BOCK; WALDMANN; TERNES, 2008). Os metabolitos da mangiferina parecem contribuir em maior grau para o aumento da quantidade de compostos fenólicos totais no soro de suínos, pois diferentemente do que acontece com os ácidos gálico e elágico, os metabolitos da mangiferina apresentam eliminação lenta, podendo persistir no organismo por mais de 72 horas após a retirada da suplementação (SHAHRZAD *et al.*, 2001; BOCK; WALDMANN; TERNES, 2008; GONZALEZ-BARRIO *et al.*, 2011).

Estudos demonstraram que um consumo a longo prazo (24 semanas) de suco de manga não foi suficiente para alterar os níveis de compostos fenólicos no sangue de ratos (GARCÍA-SOLÍS; YAHIA; ACEVES, 2008) e que o consumo de alimentos ricos em flavonoides causa um aumento transitório nos níveis plasmáticos de compostos fenólicos e na capacidade antioxidante, apresentando seu valor mais alto depois de 50 min, diminuindo após 2 h da ingestão (SERAFINI; MAIANI; FERRO-LUZZI, 1998). Parecem existir diferenças em relação ao metabolismo de diferentes compostos fenólicos e entre espécies animais, sendo verificado neste estudo um período de consumo superior a 40 dias para que maiores níveis de fenólicos fossem detectados no soro de suínos que consumiram ração adicionada de EECM.

Animais que consumiram ração contendo 400 ppm de EECM, apresentaram maior potencial antioxidante no soro, devido ao maior percentual de captura do radical livre DPPH. Com apenas 40 dias de consumo de ração, já foi observado um aumento significativo do potencial antioxidante no soro desses animais quando comparado aos demais tratamentos ($P < 0,05$), que aumentou na segunda coleta de sangue, apresentando maior percentual de captura do radical livre DPPH aos 140 dias de idade ($p < 0,05$).

Antioxidantes como vitamina C, hesperidina e naringina foram relacionados com o aumento do potencial antioxidante do soro, contribuindo para a prevenção ou redução do

desenvolvimento de patologias associadas ao estresse oxidativo (NASSER *et al.*, 2011). Da mesma forma, a dieta contendo 400 ppm de EECM, administrada a longo prazo, foi capaz de melhorar o potencial antioxidante do soro de suínos, reforçando o sistema de defesa antioxidante desses animais contra o estresse oxidativo.

Quando se avaliou a atividade antioxidante total do soro, a diferença entre os tratamentos não foi mantida ($P>0,05$). Entretanto, a atividade antioxidante total aumentou com a idade dos animais ($P<0,0001$).

A suplementação dietética com verbascose reduziu a formação de espécies reativas ao oxigênio no soro, melhorando o estado oxidativo de suínos (CORINO *et al.*, 2007). Da mesma forma, suínos suplementados com vitamina E apresentaram atividade antioxidante total no sangue aumentada, sugerindo uma melhor resistência ao estresse oxidativo, bem como a suplementação a longo prazo com 1 kg de extrato de *Lippia* spp. (Família *Verbenaceae*) por kg de ração do desmame até ao abate tende a aumentar a atividade antioxidante total do sangue (ROSSI; PASTORELLI; CORINO, 2013). Embora haja uma correlação positiva entre conteúdo de compostos fenólicos totais e atividade antioxidante total *in vitro*, neste estudo não foi observada maior atividade antioxidante total no soro com maior conteúdo de compostos fenólicos. Pois os compostos fenólicos após ingeridos podem seguir diferentes vias metabólicas, gerando metabólitos com ou sem atividade antioxidante, ou ainda sem atividade antioxidante comprovada. Pouco se sabe sobre os metabólitos gerados após ingestão de EECM, a forma na qual são carregados no sangue ou sobre sua atividade antioxidante no organismo, dessa forma, a maior presença de metabólitos de compostos fenólicos no soro não se traduziu em maior atividade antioxidante total.

CONCLUSÕES

O extrato etanólico do caroço de manga pode ser utilizado como antioxidante nas rações de suínos nas concentrações de 200 e 400 ppm sem prejuízos para o desempenho, características de carcaça, parâmetros sanguíneos e bioquímicos. O EECM adicionado às rações de suínos na concentração de 400 ppm confere melhoras ao desempenho de suínos até os 110 dias de idade e contribui para o aumento de compostos fenólicos circulantes, melhorando a estabilidade lipídica e o potencial antioxidante do soro desses animais.

AGRADECIMENTOS

À Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico (FUNCAP) pelo apoio financeiro ao projeto de pesquisa e à Comissão de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes) pela concessão da bolsa de estudos.

REFERÊNCIAS

- ABDALLA, A.E.M.; DARWISH, S.M.; AYAD, E.H.E.; EL-HAMAHMY, R.M. Egyptian mango by-product 2: antioxidant and antimicrobial activities of extract and oil from mango seed kernel. **Food Chemistry**, v.103, n.4, p.1141-115, 2007.
- AJILA, C.M.; NAIDU, K.A.; BHAT, S.G.; PRASADA RAO, U.J.S. Bioactive compounds and antioxidant potential of mango peel extract. **Food Chemistry**, v.105, n.3, p.982-988, 2007.
- AJILA, C.M.; RAO, U.J.S.P. Protection against hydrogen peroxide induced oxidative damage in rat erythrocytes by *Mangifera indica* L. peel extract. **Food and Chemical Toxicology**, v.46, n.1, p.303–309, 2008.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CRIADORES DE SUÍNOS, ABCS. **Método Brasileiro de Classificação de Carcaça**. Estrela, RS: ABCS, 1973. 17p.
- AZORÍN-ORTUÑO, M.; YÁÑEZ-GASCÓN, M. J.; VALLEJO, F.; PALLARÉS, F. J.; LARROSA, M.; LUCAS, R.; MORALES, J. C.; TOMÁS-BARBERÁN, F. A.; GARCÍA-CONESA, M. T.; ESPÍN, J. C. Metabolites and tissue distribution of resveratrol in the pig. **Molecular Nutrition & Food Research**, v.55, n.8, p.1154–1168, 2011.
- BALASUNDRAM, N.; SUNDRAM, K.; SAMMAN, S. Phenolic compounds in plant and agri-industrial byproducts: antioxidant activity, occurrence, and potential uses. **Food Chemistry**, v.99, n.1, p.191-203, 2006.
- BARRETO, J.C.; TREVISAN, M.T.S.; HULL, W.E.; ERBEN, G.; BRITO, E.S. de; PFUNDSTEIN, B.; WURTELE, G.; SPIEGELHALDER, B.; OWEN, R.W. Characterization and quantitation of polyphenolic compounds in bark, kernel, leaves, and peel of mango (*Mangifera indica* L.). **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.56, n.14, p.5599-5610, 2008.
- BEZERRA, B.M.O. **Influência das fases de crescimento e terminação de suínos sobre parâmetros fisiológicos**. 2014. 58 f. Dissertação (Programa de Pós-graduação em Ciências Veterinárias) - Universidade Estadual do Ceara, Fortaleza. 2014.
- BOCK, C.; WALDMANN, K.H.; TERNES, W. Mangiferin and hesperidin metabolites are absorbed from the gastrointestinal tract of pigs after oral ingestion of a *Cyclopia genistoides* (Honeybush tea) extract. **Nutrition Research**; v.28, n.12, p.879-891, 2008.

BOLER, D.D.; FERNÁNDEZ-DUEÑAS, D.M.; KUTZLER, L.W.; ZHAO, J.; HARRELL, R.J.; CAMPION, D.R.; MCKEITH, F.K.; KILLEFER, J.; DILGER, A.C. Effects of oxidized corn oil and a synthetic antioxidant blend on performance, oxidative status of tissues, and fresh meat quality in finishing barrows. **Journal of Animal Science**, v.90, n.13, p.5159-5169, 2012.

BRAND-WILLIAMS, W.; CUVELIER, M.E.; BERSET, C. Use of free radical method to evaluate antioxidant activity. **Ebeniste Wissenschaft and Technologie**, v.22, n.1, p.25-30, 1995.

CARTAXO, F.Q.; SOUSA, W.H.de. Correlações entre as características obtidas in vivo por ultrassom e as obtidas na carcaça de cordeiros terminados em confinamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, n.8, p.1490-1495, 2008.

CHERIAN, G.; SELVARAJ, R.K.; GOEGER, M.P.; STITT, P.A. Muscle Fatty Acid Composition and Thiobarbituric Acid-Reactive Substances of Broilers Fed Different Cultivars of Sorghum. **Poultry Science**, v.81, n.9, p.1415-1420, 2002.

CORINO, C.; ROSSI, R.; MUSELLA, M.; CANNATA, S.; PASTORELLI, G. Growth performance and oxidative status in piglets supplemented with verbascoside and teupolioside. **Italian Journal of Animal Science**, v.6, supl.1, p.292-294, 2007.

COTTRELL, S.; ANDREWS, C.M.; CLAYSON, D.; POWEL, C.J. The dose-dependent effects of BHT (butylated hydroxytoluene) on vitamin K dependent blood coagulation in rats. **Food and Chemical Toxicology**, Exeter, v.32, n.7, p. 589-594, 1994.

DRAPER, H.H.; HADLEY, M. Malondialdehyde determination as index of lipid peroxidation. **Methods Enzymology**, v.186, p.421-431, 1990.

ENGBERG, R.M.; LAURIDSEN, C.; JENSEN, S.K.; JAKOBSEN, K. Inclusion of oxidized vegetable oil in broiler diets. Its influence. **Poultry Science**, v.75, n.8, p.1003-1011, 1996.

FÁVERO, J.A.; GUIDONI, A.L.; BELLAYER, C. Predição do índice de valorização de carcaças suínas em função do peso e do percentual de carne. In: CONGRESSO DA ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE VETERINÁRIOS ESPECIALISTAS EM SUÍNOS, 8., 1997, Concórdia. **Anais...** Concórdia: Embrapa/CNPSA, 1997. p.405-406.

FERREIRA, C.S.; VASCONCELLOS, R.S.; PEDREIRA, R.S.; SILVA, F.L.; SÁ, F.C.; KROLL, F.S.A.; MARIA, A.P.J.; VENTURINI, K.S.; CARCIOFI, A.C. Alterations to oxidative stress markers in dogs after a short-term stress during transport. **Journal of Nutritional Science**, v.3, n.27, p.1-5, 2014.

FISCHER, G.; BERMUDEZ, V.L.; SIQUEIRA, E.B.; PINO, F.A.B. del; ANCIUTI, M.A.; MAIER, J.C.; RUTZ, F. Peroxidação em amostras de milho, protegidas ou não por etoxiquim. **Ciência Animal Brasileira**, v.6, n.4, p.227-232, 2005.

FOLIN, C.; CIOCALTEU, V. Tyrosine and tryptophan determination in proteins. **The Journal of Biological Chemistry**, v.73, n.2, p.627-650, 1927.

FREITAS, E.R.; BORGES, A. da S.; PEREIRA, A.L.F.; ABREU, V.K.G.; TREVISAN,

M.T.S.; WATANABE, P.H. Effect of dietary ethanol extracts of mango (*Mangifera indica* L.) on lipid oxidation and the color of chicken meat during frozen storage. **Poultry Science**, v.94, n.12, p.2989–2995, 2015.

GARCÍA-SOLÍS, P.; YAHIA, E.M.; ACEVES, C. Study of the effect of ‘Ataulfo’ mango (*Mangifera indica* L.) intake on mammary carcinogenesis and antioxidant capacity in plasma of N-methyl-N-nitrosourea (MNU)-treated rats. **Food Chemistry**, v.111, n.2, p.309–315, 2008.

GODOY, H.B.R. de; LANDELL FILHO, L.de C.; BIANCHINI SOBRINHO, E.; GODOY, M.M. de. O uso da silagem de subprodutos da filetagem de peixe na alimentação de suínos em crescimento – parâmetros séricos. **Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science**, v.45, n.6, p.429-436, 2008.

GONZALEZ-BARRIO, R.; TRUCHADO, P.; ITO, H.; ESPIN, J.C.; TOMAS-BARBERAN, F.A. UV and MS identification of Urolithins and Nasutins, the bioavailable metabolites of ellagitannins and ellagic acid in different mammals. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.59, n.4, p.1152-1162, 2011.

GROTTO, D.; MARIA, L.S.; VALENTINI, J.; PANIZ, C.; SCHMITT, G.; GARCIA, S.C.; POMBLUM, V.J.; ROCHA, J.B.T.; FARINA, M. Importance of the lipid peroxidation biomarkers and methodological aspects for malondialdehyde quantification. **Química Nova**, v.32, n.1, p.169-174, 2009.

GUIDONI, A.L. Melhoria dos processos para tipificação de carcaças suínas no Brasil. In: CONFERÊNCIA INTERNACIONAL VIRTUAL SOBRE QUALIDADE DE CARNESUÍNA, 1., 2000, Concórdia. **Anais eletrônicos...** Concórdia: Embrapa/CNPSA, 2000. Disponível em: <<http://www.cnpsa.embrapa.br/pork/>> Acesso em: 12 fev. 2015.

HANCZAKOWSKA, E.; ŚWIĄTKIEWICZ, M.; GRELA, E.R. Effect of dietary inclusion of a herbal extract mixture and different oils on pig performance and meat quality. **Meat Science**, v.108, p.61–66, 2015.

HANSON, A.R; URRIOLA, P.E.; WANG, L.; JOHNSTON, L.J.; CHEN, C.; SHURSON, G.C. Dietary peroxidized maize oil affects the growth performance and antioxidant status of nursery pigs. **Animal Feed Science and Technology**, v.216, p.251–261, 2016.

HE, Y.; WANG, K.; WANG, L. Effect of tocopherol and β -carotene supplementation on meat quality and antioxidant capacity of pigs fed high-linseed oil diet **The Journal of Animal & Plant Sciences**, v.20, n.3, p.180-188, 2010.

HUBER; K.; QUEIROZ, J.H. de; MOREIRA, A.V.B.; RIBEIRO, S.M.R. Caracterização química do resíduo agroindustrial da manga ubá (*Mangifera indica* L.): uma perspectiva para a obtenção de antioxidantes naturais. **Revista brasileira de tecnologia agroindustrial**, v.6, n.1: p.640-654, 2012.

JAIN, N.C.; SHALMS, O.W. **Schalm's veterinary hematology**. 4.ed. Philadelphia: Lea & Febiger, 1986. Cap.10, p.240-252.

JAIN, N.C. **Essentials of Veterinary Hematology**. Philadelphia: Lea & Febiger, 1993. 417p.

JANASZEWSKA, A; BARTOS, Z.G. Assay of total antioxidant capacity: comparison of four methods as applied to human blood plasma. **Scandinavian Journal of Clinical and Laboratory Investigation**, v.62, n.3, p.231–236, 2002.

KANEKO, J.J.; HARVEY, J.W.; BRUSS, M.L. **Clinical biochemistry of domestic animals**. 6.ed. New York: Academic Press, 2008. 916p.

LAMA, G.C.M. de la; RIVERO, L.; CHACON, G.; GARCIA-BELENQUER, S.; VILARROEL, M.; MARIA, G.A. Effect of the pre-slaughter logistic chain on some indicators of welfare in lambs. **Livestock Science**, v.128, n.1-3, p.52-59, 2010.

LANFERDINI, E.; ANDRETTA, I.; LEHNEN, C.R.; MELCHIOR, R.; SILVA, M.F.R.; GARCIA, G.G. Digestibilidade de dietas e metabolismo de suínos alimentados com dietas contendo extratos cítricos. **Archivos de Zootecnia**, v.62, n.238, p.307-310, 2013.

LI, X.L.; HE, L.P.; YANG, Y.; LIU, F.J.; CAO, Y.; ZUO, J.J. Effects of extracellular polysaccharides of *Ganoderma lucidum* supplementation on the growth performance, blood profile, and meat quality in finisher pigs. **Livestock Science**, v.178, p.187–194, 2015.

LUDTKE, C.B.; CIOCCA, J.R.P.; DANDIN, T.; BARBALHO, P.C.; VILELA, J.A.; COSTA, O.A.D. **Abate humanitário de suínos**. Rio de Janeiro: WSPA, 2010. 132p.

MADHAVI, D.L.; SALUNKHE, D.K. Antioxidants. In: MAGA, J.A.; TU, A.T. **Food Additive Toxicology**, Marcel Dekker, Inc., New York, 1997. p.89-177.

MELO, E. de A.; MANCINI FILHO, J.; GUERRA, N.B.; MACIEL, G.R. Atividade antioxidante de extratos de coentro (*Coriandrum sativum* L.). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.23, Supl., p.195-199, 2003.

MEYER, D.J.; HARVEY, J.W. **Veterinary laboratory medicine: interpretation & diagnosis**. 2.ed. Philadelphia: Saunders, 2004. 351p.

MORROW-TESCH, J.L.; MCGLONE, J.J.; SALAK-JOHNSON, J.L. Heat and social stress effects on pig immune measures. **Journal of Animal Science**, v.72, n.10, p.2599-2609, 1994.

MOSELHY, H.F.; REID, R.G.; YOUSEF, S.; BOYLE, S.P. A specific, accurate, and sensitive measure of total plasma malondialdehyde by HPLC. **Journal of Lipid Research**, v.54, n.3, p. 852-858, 2013.

MUELLER-HARVEY, I. Analysis of hydrolysable tannins - a review. **Animal Feed Science Technology**, v.91, n.1-2, p.3-20, 2001.

NASSER, A.L.M.; DOURADO, G.K.; MANJATE, D.A.; CARLOS, I.Z.; CESAR, T.B. Avaliação do estresse oxidativo no sangue de consumidores habituais de suco de laranja. **Revista de Ciências Farmacêuticas Básica e Aplicada**, v.32, n.2, p.275-279, 2011.

PACHECO, G.D.; LOZANO, A.P.; VINOKUROVAS, S.L.; SILVA, R.A.M.; DALTO, D.B.; AGOSTINI, P.S.; WESTPHALEN, N.; BRIDI, A.M.; SILVA, C.A. farelo de germen de milho desengordurado associado à fitase. **Archivos de Zootecnia**, v.61, n.236, p. 599-610, 2012.

PARKER, T.L.; WANG, X.-H.; PAZMIÑO, J.; ENGESETH, N.J. Antioxidant Capacity and Phenolic Content of Grapes, Sun-Dried Raisins, and Golden Raisins and Their Effect on ex Vivo Serum Antioxidant Capacity. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.55, n.21, p.8472–8477, 2007.

POWELL, C.J.; CONNELLY, C.J.; JONES, S.M.; GRASSO, P.; BRIDGES, J.W. Hepatic responses to the administration of high doses of BHT to the rat their relevance to hepatocarcinogenicity. **Food Additives and Contaminants**, London, v.24, n.10/11, p.1131-1143, 1986.

PUPA, J.M.R. Óleos e gorduras na alimentação de aves e suínos. **Revista Eletrônica Nutritime**, v.1, n.1, p.69-73, 2004.

PURAVANKARA, D.; BOHGRA, V.; SHARMA, R.S. Effect of antioxidant principles isolated from mango (*Mangifera indica* L.) Seed kernels on oxidative stability of buffalo ghee (butterfat). **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.80, n.4, p.522-526, 2000.

RE, R.; PELLEGRINI, N.; PROTEGGENTE, A.; PANNALA, A.; YANG, M.; RICE-EVANS, C. Antioxidant activity applying an improved ABTS^{•+} radical cation decolorization assay. **Free Radical Biology and Medicine**, v.26, n.9-10, p.1231-1237, 1999.

RIBEIRO, I.F. Avaliação das interações entre a suplementação antioxidante com o óleo de pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.) e os polimorfismos nos genes da α -actinina-3 (ACTN-3), eritropoetina (EPO) e seu receptor (EPOR) nos resultados do hemograma, marcadores bioquímicos e peroxidação lipídica, em corredores de rua. 2013. 100f. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Patologia Molecular) - Universidade de Brasília, Brasília. 2013.

RIBEIRO, S.M.R.; BARBOSA, L.C.A.; QUEIROZ, J.H.; KNODLER, M.; SCHIEBER, A. Phenolic compounds and antioxidant capacity of Brazilian mango (*Mangifera indica* L.) varieties. **Food Chemistry**, v.110, n.3, p.620–626, 2008.

ROSSI, C.A.R.; LOVATTO, P.A.; GARCIA, G.G.; LENHEN, C.R.; POROLNIK, G.V.; CERON, M.S.; LOVATO, G.D. Alimentação de suínos em terminação com dietas contendo ractopamina e extratos cítricos: desempenho e características de carcaça. **Ciência Rural**, v.40, n.11, p.2343-2349, 2010.

ROSSI, R.; PASTORELLI, G.; CORINO, C. Application of KRL test to assess total antioxidant activity in pigs: Sensitivity to dietary antioxidants. **Research in Veterinary Science**, v.94, n.2, p.372–377, 2013.

ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T.; DONZELE, J.L.; GOMES, P.C.; OLIVEIRA, R.F.; LOPES, D.C.; FERREIRA, A.S.; BARRETO, L.S.T. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: Composição de alimentos e exigências nutricionais**. 3 ed, Viçosa: UFV/DZO, 2011. 252p.

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^{•+}. **Embrapa Agroindústria Tropical: Comunicado técnico**, Fortaleza, v.128, 2007. 4p.

SCOTT, M.L.; NESHEIN, M.C.; YOUNG, R.J. **Nutrition of the chicken**. 3.ed. Ithaca: M. L. Scott & Associates, 1982. 562p.

SERAFINI, M.; MAIANI, G.; FERRO-LUZZI, A. Alcohol-free red wine enhances plasma antioxidant capacity in humans. **Journal of Nutrition**, v.128, n.6, p.1003–1007, 1998.

SHAHRZAD, S.; AOYAGI, K.; WINTER, A.; KOYAMA, A.; BITSCH, I. Pharmacokinetics of Gallic Acid and Its Relative Bioavailability from Tea in Healthy Humans. **The Journal of Nutrition**, v.131, n.4, p.1207-1210, 2001.

SILVA, R.A.M.; PACHECO, G.D.; AGOSTINI, P.S.; VINOKUROVAS, S.L.; OLIVEIRA, E.R.; GAVIOLI, D.F.; LORAZO, A.P.; BRIDI, A.M.; SILVA, C.A. Desempenho, qualidade de carcaça e carne de suínos alimentados com dietas contendo antioxidantes e ractopamina. **Semina: Ciências Agrárias**, v.34, n.6, supl.2, p.3971-3982, 2013.

SILVA, R.R. da; OLIVEIRA, T.T. de; NAGEM, T.J.; PINTO, A. da S.; ALBINO, L.F.T.; ALMEIDA, M.R. de; MORAES, G.H.K. de; PINTO, J.G. Efeito hipolipidêmico dos flavonóides naringina e rutina. **Archivos Latinoamericanos de Nutrición**, Caracas, v.51, n.3, p.258-264, 2001.

SMET, K.; RAES, K.; SMET, S. de. Novel approaches in measuring the antioxidative potential of animal feeds: the FRAP and DPPH methods. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.86, n.14, p.2412–2416, 2006.

SOONG, Y-Y.; BARLOW, P. J. Antioxidant activity and phenolic content of selected fruit seeds. **Food Chemistry**, v.88, n.3, p.411-417, 2004.

STEPANIC, V.; TROSELJ, K.G.; LUCIC, B.; MARKOVIC, Z.; AMIC, D. Bond dissociation free energy as general parameter for flavonoid radical scavenging activity. **Food Chemistry**, London, v.141, n.2, p.1562-1579, 2013.

TERJUNG, R.L.; CLARKSON, P.; EICHNER, E.R.; GREENHAFF, P.L.; HESPEL, P.J.; ISRAEL, R.G.; KRAEMER, W.J.; MEYER, R.A.; SPRIET, L.L.; TARNOPOLSKY, M.A.; WAGENMARKERS, A.J.; WILLIAMS, M.H. American college of sports medicine roundtable, the physiological and health effects of oral creatine supplementation. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v.32, n.3, p.706-717, 2000.

TOLEDO, R.C.L.; BRITO, L.F.; RIBEIRO, S.M.R.; PELUZIO, M. do C.G.; SIQUEIRA, C.L.M de; QUEIROZ, J.H. de. Efeito da ingestão da polpa de manga (*Mangifera indica L.*) sobre os parâmetros bioquímicos séricos e integridade hepática em ratos. **Bioscience Journal**, v.29, n.2, p.516-525, 2013.

VARADY, J.; GESSNER, D.K.; MOST, E.; EDER, K.; RINGSEIS, R. Dietary moderately oxidized oil activates the Nrf2 signaling pathway in the liver of pigs. **Lipids in Health and Disease**, v.11, n.31, p.1–9, 2012.

VIEIRA, P.A.F.; QUEIROZ, J.H. de; ALBINO, L.F.T.; MORAES, G.H.K. de; BARBOSA, A. de A.; MÜLLER, E.S.; VIANA, M.T.dos S. Efeitos da inclusão de farelo do resíduo de manga no desempenho de frangos de corte de 1 a 42 dias. **Revista Brasileira de Zootecnia**,

v.37, n.12, p.2173-2178, 2008.

YAN, L.; MENG, Q. W.; KIM, I.H. The effect of an herb extract mixture on growth performance, nutrient digestibility, blood characteristics and fecal noxious gas content in growing pigs. **Livestock Science**, v.141, n.2-3, p.143–147, 2011.

ZHANG, C.; LUO, J.; YU, B.; CHEN, J.; CHEN, D. Effects of resveratrol on lipid metabolism in muscle and adipose tissues: A reevaluation in a pig model. **Journal of Functional Foods**, v.14, p.590–595, 2015.

ZHONG, W.; JIANG, Z.; ZHENG, C.; LIN, Y., YANG, L., ZOU, S. Relationship between proteome changes of Longissimus muscle and intramuscular fat content in finishing pigs fed conjugated linoleic acid. **British Journal of Nutrition**, v. 105, n.1, p.1-9, 2011.



EXTRATO ETANÓLICO DO CAROÇO DA MANGA ADICIONADO À RAÇÃO AUMENTA ATIVIDADE ANTIOXIDANTE DA CARNE SUÍNA

Lina Raquel Santos Araújo

Faculdade de Veterinária, Universidade Estadual do Ceará, Fortaleza, CE

<http://lattes.cnpq.br/7591378438576586>

Ednardo Rodrigues Freitas

Departamento de Zootecnia, Universidade Federal do Ceará

<http://lattes.cnpq.br/1097985827805133>

Pedro Henrique Watanabe

Departamento de Zootecnia, Universidade Federal do Ceará

<http://lattes.cnpq.br/1287479281990951>

Irvila Ricarte de Oliveira Maia

Escola Estadual Técnica de Embu, Embu das Artes, SP

<http://lattes.cnpq.br/8872908140082915>

Danilo Rodrigues Fernandes

Departamento de Zootecnia, Universidade Federal do Ceará

<http://lattes.cnpq.br/6272537260608587>

Rennan Romullo Silva Pinheiro

Departamento de Zootecnia, Universidade Federal do Ceará

<http://lattes.cnpq.br/4638969440661699>

Maria Teresa Salles Trevisan

Departamento de Química, Universidade Federal do Ceará

<http://lattes.cnpq.br/9109195307461296>

Ênio Campos da Silva

MBA em Produção Avícola, Didatus, Fortaleza, CE

<http://lattes.cnpq.br/6829076136051055>

Marcelle Craveiro Abreu de Melo

Departamento de Zootecnia, Universidade Federal do Ceará

<http://lattes.cnpq.br/6416479216908971>

Informações sobre o

artigo:

Recebido em:

01/09/2020

Aceite em:

14/09/2020

Data de publicação:

22/09/2020

RESUMO

O presente estudo teve o propósito de avaliar o extrato etanólico do caroço da manga (EECM) como antioxidante em rações para suínos nas fases de crescimento e terminação e seus efeitos sobre as características qualitativas, perfil lipídico da carne *in natura*, estabilidade oxidativa, grupos sulfidrílicos não-proteicos (GS-NP), compostos fenólicos totais, potencial antioxidante total (DPPH) e atividade antioxidante total (ABTS^{o+}) da carne com 0 e 7 dias de armazenamento sob refrigeração. Foram utilizados 32 machos castrados com 60 dias de idade, peso médio de $20,20 \pm 1,34$ kg, distribuídos entre quatro tratamentos, em um delineamento em blocos ao acaso, com oito repetições por tratamento. Os tratamentos consistiram nas rações: controle = sem adição de

Palavras-chave:

Compostos fenólicos

Glutathione reduzida

Mangifera indica

Mangiferina

Perfil lipídico

antioxidante; BHT = com adição de 200 ppm de butilhidroxitolueno (BHT); EECM200 = com 200 ppm de EECM; EECM400 = com 400 ppm de EECM. Os resultados mostraram que animais que consumiram ração contendo 400 ppm de EECM apresentaram menor perda de líquido por cocção quando comparado aos demais tratamentos ($P < 0,0001$). A adição de antioxidantes à ração não afetou o perfil lipídico e a estabilidade lipídica da carne de suínos ($P > 0,05$). Maiores quantidades de GS-NP e de compostos fenólicos totais foram detectadas na carne de animais que consumiram ração adicionada de 400 ppm de EECM ($P < 0,0001$), observando-se também uma maior atividade antioxidante total ($P < 0,0001$). Quanto ao potencial antioxidante, maiores valores foram encontrados na carne de animais que consumiram ração adicionada de BHT e 400 ppm de EECM em relação ao controle ($P < 0,01$). Concluiu-se que o EECM na ração de suínos ao nível de 400 ppm implica aumento de compostos fenólicos na carne, que contribuem para a redução das perdas de líquido por cocção e aumento dos níveis de glutathione reduzida no músculo, do potencial e da atividade antioxidante total da carne desses animais.

**ETHANOL EXTRACT OF MANGO SEED ADDED TO DIET
INCREASES PORK ANTIOXIDANT ACTIVITY
ABSTRACT**

The objective of this study was to evaluate the ethanolic extract of mango seed (EEMS) as an antioxidant in feeds for pigs in the growth and finishing phases and its effects on the qualitative characteristics, lipid profile of the meat *in natura*, oxidative stability, non-protein sulfhydryl groups (NP-SG), total phenolic compounds, total antioxidant potential (DPPH) and total antioxidant activity (ABTS $^{\circ+}$) of the meat with 0 and 7 days of storage under refrigeration. Thirty-two castrated males with 60 days of age, with *medium* weight of 20.20 ± 1.34 kg, were distributed among four treatments in a randomized complete block design, with eight replicates per treatment. The treatments consisted of control = no antioxidant added; BHT = with addition of 200 ppm of butylhydroxytoluene (BHT); EEMS200 = with 200 ppm of EEMS; EEMS400 = with 400 ppm of EEMS. The results showed that animals that consumed diets containing 400 ppm of EEMS presented less liquid loss per cooking when compared to the other treatments ($P < 0.0001$). The addition of antioxidants to the diet did not affect the lipid profile and lipid stability of pork meat ($P > 0.05$). Higher amounts of NP-SG and total phenolic compounds were detected in meat from animals that consumed 400 ppm of EEMS feed ($P < 0.0001$), and a higher total antioxidant activity ($P < 0.0001$) was also observed. As for the antioxidant potential, higher values were found in the meat of animals that consumed added BHT feed and 400 ppm of EEMS in relation to the control ($P < 0.01$). It was concluded that EEMS in pigs at the 400 ppm level implies an increase of phenolic compounds in the meat, which contribute to the reduction of liquid losses per cooking and an

Keywords:

Phenolic compounds

Reduced glutathione

Mangifera indica

Mangiferin

Lipid profile

INTRODUÇÃO

É crescente a preocupação com a qualidade dos alimentos destinados à alimentação humana. A legislação regulamenta o uso de inúmeras substâncias, inclusive algumas utilizadas na alimentação animal, por apresentarem efeito residual (BRASIL, 2010). Dentre essas substâncias, estão os antioxidantes sintéticos empregados nas rações de animais de produção.

Os antioxidantes sintéticos comumente usados nas rações para suínos são o butilato de hidroxianisol (BHA) e o butilato de hidroxitolueno (BHT). Estudos demonstraram que os antioxidantes sintéticos, em doses elevadas, podem causar alterações hepáticas (DURÁN; PADILLA, 1993) e ter efeito carcinogênico (CHEN; PEARSON; GRAY, 1992). Essa problemática acerca dos antioxidantes sintéticos tem impulsionado pesquisas na área, objetivando diminuir seu uso e substituí-los por substâncias mais seguras. Nesse sentido, aumentou-se o número de pesquisas sobre antioxidantes naturais extraídos de diferentes partes das plantas, principalmente dos que apresentam, em sua composição, componentes fenólicos, como flavonoides, ácidos fenólicos e tocoferol, que retardam a oxidação e que possam substituir os antioxidantes sintéticos, sem afetar o desempenho e as características qualitativas da carne (AJILA *et al.*, 2007; RIBEIRO *et al.*, 2008; HUBER *et al.*, 2012).

Dentre as plantas que apresentam compostos antioxidantes, destaca-se a manga (*Mangifera indica* L.) cuja parte da produção de frutos é processada para a produção de polpa, sucos, néctar e pedaços enlatados, entre outros (AJILA *et al.*, 2007), produzindo grande volume de resíduos com potencial para uso direto na alimentação animal (VIEIRA *et al.*, 2008) ou como fonte de compostos antioxidantes (ABDALLA *et al.*, 2007; BARRETO *et al.*, 2008; RIBEIRO *et al.*, 2008). A quantidade de compostos fenólicos varia de acordo com a variedade e parte da planta, sendo maior no caroço que na casca da manga (BARRETO *et al.*, 2008; FREITAS *et al.*, 2015). O extrato do caroço da manga apresenta elevado conteúdo de compostos fenólicos, como o ácido gálico, o ácido elágico e a mangiferina (SOONG; BARLOW, 2004; RIBEIRO *et al.*, 2008; BARRETO *et al.*, 2008). O mecanismo de ação antioxidante predominante parece estar relacionado a transferência de elétrons seguida da perda de prótons em fase aquosa (STEPANIC *et al.*, 2013). O EECM apresenta maior potencial antioxidante que o BHT, cujos efeitos podem ser estendidos inclusive para a carne e seus derivados (FREITAS *et al.*, 2015; BORGES, 2009). Dessa forma, a adição de EECM

na ração pode reforçar os sistemas de defesa antioxidante dos suínos, reduzir os danos oxidativos que ocorrem no período pós-morte e durante o armazenamento e melhorar parâmetros qualitativos da carne desses animais.

O objetivo do presente estudo foi avaliar o extrato etanólico do caroço da manga como antioxidante em rações para suínos nas fases de crescimento e terminação e seus efeitos sobre as características qualitativas, perfil lipídico da carne *in natura*, estabilidade lipídica (TBARS), grupos sulfidrílicos não-proteicos (GS-NP), compostos fenólicos totais, potencial antioxidante total (DPPH) e atividade antioxidante total (ABTS^{o+}) da carne com 0 e 7 dias de armazenamento sob refrigeração.

MATERIAL E MÉTODOS

Preparação do extrato do caroço de manga

A preparação do extrato etanólico do caroço da manga (EECM) foi realizada no Laboratório de Produtos Naturais do Departamento de Química da Universidade Federal do Ceará (UFC).

As variedades de manga utilizadas foram tommy e jasmim. Cerca de 200 kg de caroços e cascas foram obtidos de uma empresa de processamento de frutas, situada no município de Aquiraz - CE. O material foi lavado, os caroços foram separados e expostos ao sol por 48 horas, depois foram submetidos à secagem em estufa, à temperatura de 55 °C, por um período de 72 horas, obtendo-se 23,75 kg de caroço seco. Para iniciar o processo de extração, os caroços foram triturados, sofrendo uma perda de 10% do material durante o processamento.

O resíduo moído (21,30 kg) foi acondicionado em recipientes de vidro de 5 litros e submetido à extração a frio seguindo a metodologia de Barreto *et al.* (2008) com adaptações. Adicionou-se hexano aos recipientes, que continham cerca de 1,45 kg de caroço moído, em quantidade suficiente para mantê-lo imerso durante sete dias à temperatura ambiente (25 °C). Após a extração, o material foi filtrado e o extrato concentrado em rotoevaporador (Marconi MA120/TH) a 50°C, rotação de 60 rpm e pressão reduzida para obtenção do extrato hexânico. As extrações com hexano se repetiram por mais duas semanas, totalizando 21 dias de extração para uma mesma quantidade de resíduo, nessa etapa obteve-se 1,03 kg de extrato hexânico. Depois de seco em estufa, o caroço moído passou pelo mesmo processo de

extração a frio utilizando dessa vez etanol para extração, obtendo 2,46 kg de EECM. Devido ao extrato apresentar características de gel, este foi diluído em óleo de soja degomado para ser misturado nas rações.

Foram retiradas alíquotas do extrato para avaliação do potencial antioxidante, atividade antioxidante total e determinação de compostos fenólicos totais (Tabela 1). O butilato de hidroxitolueno (BHT) foi usado como padrão. O potencial antioxidante total dos extratos foi avaliado pela capacidade de sequestro do radical livre DPPH, de acordo com o procedimento descrito por Brand-Willians, Cuvelier e Berset (1995), resultados expressos em mg/L, referente à metade da concentração inibitória máxima (IC₅₀). A atividade antioxidante total (AAT) foi determinada pela captura do radical livre ABTS^{o+} (2,2'-azinobis(3-etilbenzotiazolina-6-ácido sulfônico)) e o resultado expresso em µM de capacidade antioxidante equivalente ao trolox (TEAC) por g de extrato (RUFINO *et al.*, 2007). A análise dos compostos fenólicos totais foi realizada pelo método Folin-Ciocalteu, expresso em mg de equivalente de ácido gálico - EqAG— por g de extrato (FOLIN; CIOCALTEAU, 1927; MUELLER-HARVEY, 2001). Mesmo com o EECM apresentando potencial e atividade antioxidante total *in vitro* superior ao BHT, adotou-se as mesmas concentrações iniciais para o EECM e para o controle positivo com BHT.

Tabela 1 -Potencial antioxidante, atividade antioxidante total e compostos fenólicos totais (CF) do extrato etanólico do caroço da manga.

	DPPH IC ₅₀ ¹ (mg/L)	ABTS ^{o+} ² (µM TEAC.g ⁻¹)	CF (mg EqAG/g)
EECM	175,66	518,68	95,50
BHT	289,17	350,83	-

¹ Radical livre 2,2 difenil-1-picril-hidrazil; ² Radical livre 2,2' - azinobis(3 – etilbenzotiazolina-6-ácido sulfônico);

Instalações, animais e tratamentos

Todos os procedimentos realizados foram previamente aprovados pela Comissão de Ética em Pesquisa Animal (CEPA) da Universidade Federal do Ceará, sob o protocolo nº 73/2012.

O experimento foi desenvolvido no Setor de Suinocultura do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal do Ceará, no município de Fortaleza. Durante o período experimental a temperatura média registrada foi de 28,3°C e umidade relativa do ar de 70,7%.

Foram utilizados 32 suínos machos castrados de genética comercial com 60 dias de idade, peso médio de 20,20 ± 1,34 kg, que foram distribuídos entre quatro tratamentos, em um delineamento em blocos ao acaso, com oito repetições por tratamento, considerando o

animal como unidade experimental. O critério adotado para a formação dos blocos foi o peso inicial dos animais.

O experimento foi realizado em galpão construído em alvenaria, com pé-direito de 3,0 m e equipado com cortinas nas laterais para o controle da ventilação interna. Os animais foram alojados em baias individuais equipadas com comedouro semiautomático e bebedouro do tipo chupeta.

Os tratamentos consistiram em: Controle = ração sem adição de antioxidante; BHT = ração com adição de 200 ppm de BHT; EECM200 = ração com 200 ppm de EECM; EECM400 = ração com 400 ppm de EECM.

As rações experimentais (Tabela 2) foram formuladas para as fases de crescimento I (60 a 90 dias), crescimento II (91 a 110 dias) e terminação (111 a 145 dias). Os valores da composição química dos alimentos e das exigências nutricionais dos leitões para o período de crescimento e terminação, seguindo as recomendações de Rostagno *et al.* (2011), sendo isonutritivas. Em função dos tratamentos, o ingrediente inerte da ração foi substituído proporcionalmente pelos antioxidantes nos níveis pré-determinados.

Durante os 90 dias do período experimental, os animais receberam ração e água à vontade. As rações foram administradas à vontade na forma farelada, sendo disponibilizadas quatro vezes ao dia

Tabela 2 – Composição percentual e nutricional das rações controle para cada fase experimental.

Ingredientes, %	Crescimento I	Crescimento II	Terminação
Milho moído	68,895	71,882	75,798
Farelo de soja	26,613	23,395	19,113
Óleo de soja	1,000	1,000	1,000
Fosfato bicálcico	1,126	1,297	1,694
Calcário calcítico	0,651	0,603	0,580
Suplemento mineral e vitamínico ¹	0,300	0,300	0,300
Sal	0,356	0,335	0,314
Lisina HCl	0,195	0,223	0,269
L-Treonina	0,035	0,042	0,076
DL-Metionina	0,024	0,020	0,027
L-Triptofano	0,000	0,000	0,002
Inerte (areia lavada)	0,805	0,903	0,827
Total	100,000	100,000	100,000
Valores calculados, %			
Energia metabolizável, kcal/kg	3.230	3.230	3.230
Proteína bruta	18,250	17,070	15,530
Fosforo disponível	0,314	0,269	0,250
Cálcio	0,635	0,552	0,512
Sódio	0,180	0,170	0,160
Lisina digestível	0,943	0,891	0,829
Metionina+cistina digestível	0,556	0,526	0,497
Treonina digestível	0,613	0,579	0,555
Triptofano digestível	0,187	0,170	0,149

¹Níveis por kg de ração: vitamina A (3.199,87 UI), vitamina D3 (649,97 UI), vitamina E (8,5 UI), vitamina K3 (1,00 mg), vitamina B1 (0,33 mg), vitamina B2 (2,8 mg), vitamina B6 (0,60 mg), vitamina B12 (10,50 mcg), ácido fólico (0,25 mg), ácido pantotênico (9,34 mg), niacina (16,00 mg), selênio (0,30 mg), promotor de crescimento (22,01 mg), manganês (14,93 mg), zinco (0,08 g), ferro (0,05 g), cobre (7,98 mg), iodo (0,30 mg)

Abate dos animais

Ao final do período experimental os animais foram abatidos, no dia seguinte à última pesagem, sendo submetidos a jejum sólido de 12h. Os animais foram transportados por 15 km até o abatedouro localizado na região metropolitana de Fortaleza, CE, onde foram alojados em baias de descanso até a hora do abate. O abate foi conduzido de forma humanitária (LUDTKE *et al.*, 2010), os animais foram insensibilizados com choque elétrico, procedendo-se a pendura e sangria, depois a escaldagem, depilação, toaleta, evisceração e retirada da cabeça. As carcaças foram serradas longitudinalmente ao meio e levadas à câmara fria, em temperatura de refrigeração (4° C), permanecendo por 24 horas.

Coleta e acondicionamento de amostras de músculo

Da meia carcaça direita de cada animal, foi colhida uma amostra de aproximadamente 10 cm do músculo *Longissimus lumborum*. Estas foram acondicionadas em sacos plásticos identificados, colocados em isopor com gelo e imediatamente transportados para o Laboratório de Processamento de Carnes e Pescado do Departamento de Tecnologia de Alimentos/UFC, onde foi retirada a camada de gordura adjacente ao músculo, embaladas à vácuo individualmente e posteriormente destinada às análises qualitativas. Para se avaliar o efeito do armazenamento, uma alíquota de cada amostra de carne foi estocada por 7 dias sob refrigeração a 8°C e submetida às análises de estabilidade oxidativa (TBARS), dos grupos sulfidrílicos não-proteicos (GS-NP), compostos fenólicos totais, potencial e atividade antioxidante total, sendo essas mesmas análises realizadas na carne *in natura*.

Características qualitativas da carne *in natura*

O pH médio foi obtido com o auxílio de peagâmetro com eletrodo tipo faca (HI-99163; Hanna Instruments, Brasil), com mensurações realizadas em três pontos da amostra. Para medir a capacidade de retenção de água (CRA) da carne crua, amostras de aproximadamente 2,0 g ($\pm 0,10$) foram dispostas entre duas folhas de papel filtro qualitativo Whatman n° 1 e submetidas à pressão exercida por um peso de 10 kg durante 5 minutos (HAMM, 1960). Em seguida, as amostras foram pesadas novamente e a CRA foi determinada pela diferença entre os pesos inicial e final, em valor percentual.

Para mensuração da cor, cortes de 2,5 cm de espessura foram expostos ao ar por 40 minutos para reação da mioglobina com o oxigênio atmosférico (SHIMOKOMAKI, 2003). As medidas de coloração foram obtidas com aparelho da marca KONICA MINOLTA CR300 (Minolta Company, Osaka, Japão), operando no sistema CIE, encontrando valores de L* (indicação de luminosidade), a* (indicação do teor de vermelho) e b* (indicação do teor de amarelo) da carne.

Amostras de aproximadamente 2,5 cm de espessura foram pesadas, embaladas a vácuo e imersas em banho-maria a 85°C, por 30 minutos. Em seguida, as amostras foram novamente pesadas determinando-se as perdas de líquidos por cocção (PLC) pela diferença entre os pesos inicial e final, em valor percentual (LIU *et al.*, 2004).

Após a cocção, as amostras foram cortadas na forma de cubos e submetidas ao aparelho TEXTURE ANALYZER TA-XT-125, com lâmina movendo-se a 1,5 mm/s no

sentido descendente e força de 40 g. O programa do equipamento gerou curvas de tensão contra tempo, determinando-se a força de cisalhamento (FC), expressa em kgf (CORTE; FELÍCIO; CIA, 1979).

Análise do perfil de ácidos graxos da carne in natura

Uma amostra do músculo *Longissimus Lumborum* foi destinada para a quantificação dos ácidos graxos saturados, monoinsaturados e poli-insaturados no músculo. Foram realizadas extrações lipídicas por solubilização em clorofórmio-metanol (2:1), sendo determinado o conteúdo de lipídios totais (FOLCH; LEES; STANLEY, 1957), após secagem do extrato em estufa a 90°C, resultado expresso em mg de lipídios por g de carne. Uma alíquota do extrato lipídico (5 mL) foi retirada e submetida à reação de esterificação e metilação (HARTMAN; LAGO, 1973), posteriormente foi acondicionada em vial de 2mL para análise do perfil lipídico através de cromatografia gasosa acoplada ao espectrofotômetro de massa.

Os metil-ésteres dos ácidos graxos mais abundantes foram identificados por comparação dos tempos de retenção com os tempos padrões dos ésteres metílico do padrão cromatográfico dos ácidos graxos C-4 a C-24. A quantificação dos ácidos graxos presentes no *Longissimus Lumborum* foi calculada mediante a porcentagem da área de cada pico correspondente ao ácido graxo identificado pelo padrão. A partir do perfil dos ácidos graxos identificados foi calculado o somatório dos ácidos graxos saturados (AGS), ácidos graxos insaturados (AGI) e ácidos graxos monoinsaturados (AGMI). Ácidos graxos desejáveis (AGD) definidos como aqueles que têm efeito neutro ou hipocolesterolêmico sobre a saúde humana, compostos pelos insaturados e o ácido esteárico C18:0 (GRUNDY, 1986), foram calculados pela seguinte equação: $AGD = (AGI + C18:0)$.

Análise de estabilidade oxidativa da carne

A análise de estabilidade oxidativa foi realizada por meio de análise comparativa, observando a reatividade de substâncias com o ácido 2-tiobarbitúrico (TBA), de acordo com o método descrito por Cherian *et al.* (2002). Alíquotas de 2 g de carne foram homogeneizadas com 18 mL de ácido perclórico a 3,86% e 50 µL de BHT a 4,5%. Depois centrifugadas a 10.000 g por 10 minutos a 4°C e filtradas em papel filtro. Do sobrenadante retirou-se 1 mL que foi adicionado de 1 mL de solução aquosa de TBA (20 mM), depois levado a banho-

maria a 95°C por 30 minutos. A reação foi interrompida com banho gelado e depois realizadas as leituras em espectrofotômetro a 531 nm. Os resultados foram expressos em µg de malondialdeído (MDA) por g de carne.

Determinação dos grupos sulfidrílicos não-proteicos (GS-NP) na carne

A glutatona reduzida foi determinada através da quantificação dos grupos sulfidrílicos não-proteicos (GS-NP) segundo a metodologia de Sedlak e Lindsay (1968). Um grama de carne foi homogeneizado em uma solução de ácido etilenodiamino tetra-acético (EDTA) a 0,02M gelado por 1 minuto. A uma alíquota de 500 µL do homogenato foram adicionados 400 µL de água destilada e 100 µL de solução de ácido tricloroacético a 50%, e posteriormente essa mistura foi centrifugada a 1.000 g por 15 minutos a 4°C. A 500 µL do sobrenadante foram adicionados 1 mL de tampão Tris (0,4M; pH 8,9) e 25 µL de DTNB (ácido 5,5'-ditiobis-(2-nitrobenzóico)) a 0,01M e a leitura realizada dentro de 5 minutos a absorvância de 412 nm. A concentração de GS-NP foi calculada através de uma curva padrão de glutatona reduzida (GSH) e os resultados expressos em µg de GS-NP/g de carne.

Compostos fenólicos, potencial e atividade antioxidante totais da carne

Uma amostra de 5 gramas de carne foi homogeneizada em 15 mL de água destilada, depois centrifugada a 1.500 g por 2 minutos, adicionou-se 9 mL de clorofórmio para separar os lipídios (JANG *et al.*, 2008) e o sobrenadante foi utilizado para determinação de compostos fenólicos totais, potencial e atividade antioxidante total.

Compostos fenólicos totais foram determinados seguindo a metodologia de Singleton, Orthofer e Lamuela-Raventos (1999) com adaptações. Do extrato aquoso retirou-se alíquotas de 0,2 mL, adicionou-se 1,0 mL do reagente de Folin-Ciocalteu a 10% e 0,8 mL de carbonato de sódio (NaHCO₃) a 7,5%. A mistura foi mantida por 15 min a 45°C em banho seco (Thermo Mixer C, Eppendorf®), e a absorvância medida a 765 nm. A quantificação foi feita com base na curva padrão gerada com ácido gálico e os resultados expressos µg de equivalente de ácido gálico por grama de carne (EqAGµg/ g carne).

O potencial antioxidante foi avaliado através do percentual de captura do radical livre DPPH (BLOIS, 1958). Retirou-se 200 µL de sobrenadante, que foi adicionado a 800 µL de água e 1 mL de solução metanólica do radical livre DPPH (0,2 mM). A mistura foi submetida ao vórtex e deixada em repouso à temperatura ambiente durante 30 min. Um tubo

contendo 1 mL de água destilada e 1 mL de solução metanólica do radical livre DPPH (0,2 mM) serviu como controle. Absorbância da solução foi medida a 517 nm. A percentagem de captura dos radicais livres DPPH foi obtida a partir da seguinte equação:

$$\text{Atividade captura} = [1 - (\text{Abs teste} / \text{Abs controle})] \times 100$$

A atividade antioxidante total foi obtida pelo percentual de captura do radical ABTS^{o+} (RE *et al.*, 1999). Uma alíquota de 10 µL de homogenato foi adicionado a 1 mL da solução diluída do radical ABTS^{o+} a 30°C, e a absorbância foi lida exatamente 6 minutos após a mistura inicial. A percentagem de inibição da absorbância em branco ($0,70 \pm 0,02$) foi calculada para cada amostra. Utilizou-se a mesma equação para o cálculo do potencial antioxidante de captura do radical livre DPPH:

$$\text{Atividade captura} = [1 - (\text{Abs teste} / \text{Abs controle})] \times 100$$

Análise estatística

As análises estatísticas dos dados foram realizadas utilizando-se o PROC GLM (Statistical Analysis System, versão 9.2). A comparação entre as médias foi realizada pelo teste de SNK a 5% de probabilidade. Para os dados colhidos em dois tempos, 0 e 7 dias, foi adicionado ao modelo de análise o efeito do tempo de armazenamento e da interação tratamento x tempo de armazenamento.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Características qualitativas da carne in natura

A adição de antioxidantes à ração, tanto o natural quanto o sintético não afetou o pH, a capacidade de retenção de água, a cor e a força de cisalhamento da carne de suínos (Tabela 3). Na carne dos animais que consumiram ração contendo 400 ppm de EECM foi observada menor perda de água por cocção quando comparada aos animais dos demais tratamentos ($P < 0,05$), seguido do BHT.

Tabela 3 - Qualidade da carne de suínos alimentados com rações contendo BHT ou EECM.

	Tratamentos				Média	CV ¹ (%)	Valor de P
	Controle	BHT	EECM200	EECM400			
pH	5,63	5,66	5,62	5,61	5,63	2,82	0,7807
CRA ² (%)	69,84	71,71	69,07	71,18	70,45	3,79	0,2046
Cor ³							
L*	58,30	56,01	57,98	55,59	56,97	5,68	0,2605
a*	13,58	13,40	12,98	12,88	13,21	9,14	0,6143
b*	10,99	11,01	11,45	10,55	11,00	10,50	0,5016
PLC ⁴ (%)	39,10 ^a	37,32 ^b	39,43 ^a	34,96 ^c	37,70	3,56	<0,0001
FC ⁵ (Kgf)	8,01	8,89	8,90	8,34	8,53	18,57	0,6193

¹Coefficiente de variação; ²Capacidade de retenção de água; ³Parâmetros de cor (L* intensidade de luminosidade; a* intensidade de vermelho; b* intensidade de amarelo); ⁴Perdas de líquido por cocção; ⁵Força de cisalhamento. a,b,c Médias seguidas por letras distintas na linha diferem pelo teste SNK a 5%.

A adição de antioxidantes não influenciou o pH da carne. Diversos estudos que avaliaram a adição de extratos vegetais (SIMITZIS *et al.*, 2010; KANG; MIN; SHIBAMOTO, 2013; HANCZAKOWSKA; SWIATKIEWICZ; GRELA, 2015; RANUCCI *et al.*, 2015) e outros antioxidantes naturais à ração (ROSSI *et al.*, 2010; SILVA *et al.*, 2013; ROSSI *et al.*, 2014) também não verificaram a influência de antioxidantes sobre o pH da carne, concordando com este estudo, no qual a adição de antioxidantes via ração não interferiu no pH da carne.

A capacidade de retenção de água (CRA) relaciona-se com a luminosidade (L*), onde uma menor capacidade de retenção de água está associada à maior luminosidade da carne (WARRIS; BROWN, 1987). Característico de carnes do tipo pálidas, moles e exsudativas (PSE) que apresentam uma taxa de oxidação 42% maior que carnes normais (MAGANHINI, 2007), resultado de uma queda rápida do pH enquanto a temperatura da carcaça permanece elevada. Essa condição favorece a desnaturação de proteínas miofibrilares e sarcoplasmáticas, aumentando a suscetibilidade a reações oxidativas, como também a perda excessiva de exsudato, comprometendo propriedades funcionais da carne, como a intensidade de luminosidade (MAGANHINI, 2007; BARBUT *et al.*, 2008). A presença de antioxidantes de origem alimentar na carne poderia contribuir para evitar danos gerados na instalação de carnes PSE, porém este estudo não determinou condições que favorecessem a ocorrência desse tipo de carne.

A cor da carne não foi influenciada pela adição de antioxidantes na dieta ($P > 0,05$). A mioglobina é a proteína ferro-dependente mais abundante da carne e pode catalisar reações oxidativas, que estão diretamente ligadas à cor da carne (SKIBSTED; MIKKELSEN; BERTELSEN, 1998). Como a cor é influenciada pelas reações oxidativas na carne, os antioxidantes poderiam influenciar este parâmetro, porém muitos autores relatam ausência

de resposta com a adição de antioxidantes na dieta (SILVA *et al.*, 2013; KANG; MIN; SHIBAMOTO, 2013; ROSSI *et al.*, 2014; RANUCCI *et al.*, 2015). Entretanto, Hanczakowska, Swiatkiewicz e Grela (2015) associaram uma menor intensidade de amarelo (b^*) na carne de animais suplementados com extrato de ervas, relacionada à melhor estabilidade oxidativa da carne desses animais, mas essa tendência só foi significativa após 5 meses de armazenamento sob congelamento.

A carne dos animais que receberam 400 ppm de EECM na ração apresentou menor PLC ($P < 0,0001$) quando comparada aos demais tratamentos, inclusive ao BHT, que por sua vez, apresentou menor PLC quando comparado aos tratamentos controle e EECM200. Isso sugere que os antioxidantes adicionados à ração contribuíram para uma melhor preservação da integridade da membrana das células musculares submetidas à cocção. Antioxidantes naturais são capazes de prevenir a oxidação lipídica e proteica em produtos cárneos pré-cozidos (LARA *et al.*, 2011) e dessa forma, a adição de 400 ppm de EECM à ração mostrou-se mais eficiente no controle da oxidação da carne induzida pelo cozimento.

A adição de antioxidantes à ração não afetou a FC, não alterando a textura da carne ($P > 0,05$), concordando com outros autores (SIMITZIS *et al.*, 2010; SILVA *et al.*, 2013; ROSSI *et al.*, 2014). Entretanto, os resultados diferem dos obtidos por Zhang *et al.* (2015) que detectaram uma melhor textura na carne de suínos alimentados com ração adicionada de polifenóis. Esses mesmos autores observaram redução do valor de L^* e das perdas por gotejamento, sugerindo melhorias na qualidade da carne, provavelmente em consequência da ação antioxidante dos polifenóis, que contribuíram para a preservação da estrutura das células musculares, reduzindo as perdas por exsudação. As perdas de exsudato se correlacionam positivamente com a FC (CALDARA *et al.*, 2012), ou seja, quanto menores as perdas de exsudato, menor a FC, traduzindo-se em uma melhor maciez da carne.

A maciez da carne está relacionada à atividade das calpaínas, as principais enzimas responsáveis pela resolução do *rigor mortis*, que possuem um resíduo de cisteína que pode ser oxidado, tornando-as menos ativas. Dessa forma, o aumento dos níveis de antioxidantes na carne pode melhorar a maciez ao favorecer a ativação dessas enzimas (KOOHMARAIIE, 1990). Como observado por Rowel *et al.* (2004), utilizando vitamina E na alimentação de bovinos, animais suplementados apresentaram carne com menor FC e maior taxa de proteólise, resultando em uma carne mais macia, porém isso não foi verificado neste estudo.

Perfil de ácidos graxos da carne in natura

Não houve efeito da adição dos antioxidantes na ração sobre o perfil lipídico da carne de suínos (Tabela 4). Os suínos podem apresentar alteração na composição de ácidos graxos insaturados em função da dieta (SANTOS *et al.*, 2008), sendo observado que, dietas ricas em ácidos graxos poli-insaturados aumentam significativamente os níveis desses ácidos graxos no músculo *Longissimus Lumborum* e na gordura subcutânea (MITCHAOTHAÏ *et al.*, 2008).

Tabela 4 - Perfil lipídico da carne de suínos alimentados com rações contendo BHT e EECM.

	Tratamentos				Média	CV ¹ (%)	Valor de P
	Controle	BHT	EECM200	EECM400			
Lipídios totais, mg/g	43,37	33,01	40,19	33,03	37,00	33,22	0,2944
C14:0, %	1,19	0,88	1,17	0,95	1,03	38,94	0,3839
C16:0, %	28,03	27,14	28,30	26,95	27,54	6,35	0,4129
C18:0, %	11,42	11,40	12,43	11,70	11,70	8,27	0,2229
C16:1n7, %	3,13	3,14	2,72	3,20	3,07	10,97	0,0674
C18:1n7, %	3,78	4,24	3,70	4,15	3,99	10,23	0,0509
C18:1n9, %	47,71	47,64	47,14	47,51	47,52	4,57	0,9667
C18:2n6, %	4,76	5,55	4,54	5,53	5,14	24,41	0,3272
AGS ² , %	40,63	39,42	41,90	39,61	40,27	5,95	0,2395
AGI ³ , %	59,37	60,58	58,10	60,39	59,72	4,01	0,2395
AGMI ⁴ , %	54,61	55,03	53,57	54,86	54,58	4,32	0,6829
AGD ⁵ , %	70,79	71,98	70,53	72,09	71,42	2,58	0,2886

¹Coefficiente de variação; ²Ácidos graxos saturados totais; ³Ácidos graxos insaturados totais; ⁴Ácidos graxos monoinsaturados totais; ⁵Ácidos graxos desejáveis; Médias não diferiram pelo teste SNK a 5% de probabilidade.

A utilização de óleo essencial de pimenta vermelha na alimentação de suínos aumentou o percentual de ácidos graxos saturados presentes na carne desses animais, Gois *et al.* (2017) associaram este resultado ao melhor controle da oxidação lipídica conferido por esse óleo essencial. Por outro lado, extratos vegetais além de conferirem uma maior estabilidade oxidativa à carne, resultaram em aumento do teor de ácidos graxos poli-insaturados na gordura intramuscular, ou seja, em uma carne com propriedades benéficas para a saúde (HANCZAKOWSKA; SWIATKIEWICZ; GRELA, 2015). A proteção conferida aos ácidos graxos contra danos oxidativos é mais aplicável sobre os ácidos graxos insaturados, pois a presença de duplas ligações na cadeia carbônica desses ácidos graxos diminui a energia necessária para a ruptura das ligações carbono-hidrogênio, enquanto que a formação de um radical livre a partir de ácido graxo saturado é energeticamente desfavorável (BOBBIO; BOBBIO, 2001). Portanto, antioxidantes adicionados à ração seriam eficientes em proteger os ácidos graxos insaturados da oxidação durante o armazenamento, contribuindo para o aumento dos níveis desses compostos na gordura intramuscular dos

animais. Entretanto, neste estudo, o EECM adicionado à ração de suínos não incrementou a quantidade de ácidos graxos insaturados na carne.

Estabilidade lipídica da carne

A estabilidade lipídica da carne nos dias 0 e 7 não foi influenciada pela adição de antioxidantes naturais na ração, sendo notada apenas para os animais alimentados com ração contendo BHT menores médias de TBARS ($P < 0,05$) em relação ao grupo controle, não diferindo dos tratamentos com EECM (Tabela 5). O valor de TBARS aumentou com o tempo de estocagem da carne sob refrigeração ($P < 0,0001$).

Tabela 5 - Estabilidade lipídica (MDA¹ µg/g) da carne de suínos alimentados com rações contendo BHT e EECM armazenada a 8 °C por 7 dias.

	Tratamentos (T)				Média	CV ²	Valor de P		
	Controle	BHT	EECM200	EECM400			T	Dia	TxDia
Dia 0	0,59	0,42	0,42	0,55	0,49 ^B	42,48	0,044	<0,0001	0,364
Dia 7	1,28	0,78	1,19	1,13	1,09 ^A				
Média	0,94 ^a	0,60 ^b	0,80 ^{ab}	0,84 ^{ab}					

¹ Malondialdeído; ²Coeficiente de variação; ^{a,b} Médias seguidas por letras distintas na linha diferem pelo teste SNK a 5%; ^{A,B} Médias seguidas por letras distintas na coluna diferem pelo teste SNK a 5%.

Muitos trabalhos revelam ação dos antioxidantes naturais sobre a estabilidade lipídica da carne, protegendo os ácidos graxos de danos oxidativos durante o armazenamento (ROSSI *et al.*, 2013; 2014; HANCZAVOWSKA; SWIATKIEWICZ; GRELA, 2015; RANUCCI *et al.*, 2015). Embora a suplementação dietética seja uma solução simples e uma estratégia conveniente para incorporar compostos antioxidantes naturais nos fosfolípidos das membranas musculares e para melhorar o sistema antioxidante *in vivo*, levando a uma proteção antioxidante efetiva e uniforme nos tecidos (HANCZAVOWSKA; SWIATKIEWICZ; GRELA, 2015), pouco se sabe sobre as vias metabólicas de compostos fenólicos presentes no EECM e seu potencial de deposição muscular. Portanto, os níveis de EECM adotados neste estudo não foram eficientes em controlar a oxidação lipídica da carne armazenada, concordando com Cardenia *et al.* (2011).

A oxidação lipídica continua a ocorrer mesmo quando a carne é submetida a temperaturas mais baixas, como no congelamento (PIEDEDE, 2007). Portanto, sob a temperatura de refrigeração adotada no presente estudo (8°C) as reações oxidativas ocorreram em maior velocidade, resultando no incremento dos níveis de MDA na carne aos 7 dias de armazenamento ($P < 0,05$).

Determinação dos GS-NP na carne

A quantidade de glutathiona reduzida (GSH) apresentou-se maior na carne dos suínos alimentados com 400 ppm de EECM em relação aos demais grupos ($P < 0,0001$), sugerindo a existência de atividade antioxidante, capaz de manter uma maior quantidade de glutathiona na forma reduzida (Tabela 6). A quantidade de GS-NP diminuiu significativamente com o armazenamento da carne sob refrigeração ($P < 0,0001$).

Tabela 6 - Grupos sulfidrílicos não-proteicos ($\mu\text{g/g}$) da carne de suínos alimentados com rações contendo BHT e EECM armazenada a 8 °C por 7 dias.

	Tratamentos (T)				Média	CV ¹	Valor de P		
	Controle	BHT	EECM200	EECM400			T	Dia	TxDia
Dia 0	114,8	116,3	133,2	185,8	137,5 ^A	21,25	<0,0001	<0,0001	0,320
Dia 7	71,0	72,0	72,7	158,1	93,4 ^B				
Média	92,9 ^b	94,1 ^b	102,9 ^b	172,0 ^a					

¹ Coeficiente de variação; ^{a,b} Médias seguidas por letras distintas na linha diferem pelo teste SNK a 5%; ^{A,B} Médias seguidas por letras distintas na coluna diferem pelo teste SNK a 5%.

A GSH é o tiol (SH) mais abundante no meio intracelular. Sua capacidade redutora é determinada pelo grupamento SH presente a cisteína (MEISTER; ANDERSON, 1983), sendo uma molécula importante do sistema de proteção celular, participando do sistema de defesa antioxidante enzimático, onde atua como receptora de radicais gerados na redução do peróxido de hidrogênio pela glutathiona peroxidase (GPx). A glutathiona na forma oxidada é recuperada pela glutathiona redutase (GR), enzima essencial para manter a integridade do sistema de defesa antioxidante (GILBERT; MC LEAN, 1990). Dessa forma, entende-se que maiores concentrações de glutathiona reduzida estão relacionadas com um melhor funcionamento do sistema antioxidante celular.

Segundo Ranucci *et al.* (2015), maiores atividades de GPx e de GR foram detectadas no músculo de suínos que consumiram ração adicionada de extrato de ervas (óleo essencial de orégano e extrato de castanheira portuguesa (*Castanea sativa*)), rico em compostos fenólicos, sugerindo aumento da capacidade antioxidante e consequentemente da vida de prateleira da carne. Uma maior atividade da GR, faz com que a glutathiona oxidada seja rapidamente recuperada, apresentando-se em maior percentual em seu estado reduzido. Esta seria uma hipótese para os resultados obtidos no presente estudo, no qual maiores quantidades de GS-NP encontradas na carne dos animais alimentados com ração contendo 400 ppm de EECM poderiam ser resultado de uma maior atividade antioxidante das enzimas GPx e GR. Além disso, há relatos de que a mangiferina é capaz de restaurar o conteúdo de GSH celular em até 60%, tornando o organismo menos suscetível ao estresse oxidativo

(AMAZZAL *et al.*, 2007); concordando com os resultados deste estudo, uma vez que a mangiferina é um dos principais compostos antioxidantes presentes no caroço da manga (RIBEIRO *et al.*, 2008).

A quantidade de GS-NP declinou com o armazenamento em ambiente refrigerado devido às reações oxidativas que continuam a ocorrer mesmo quando a carne é submetida a temperaturas mais baixas (PIEDEDE, 2007). As reações oxidativas podem ser transferidas entre lipídios e proteínas, mas como o início da oxidação lipídica em produtos cárneos ocorre mais rapidamente do que a degradação oxidativa de proteínas miofibrilares (MERCIER *et al.*, 1998), é mais provável que os radicais lipídicos e hidroperóxidos promovam a oxidação proteica do que ocorrer o efeito inverso (SOUZA, 2011). Reações específicas como em grupamentos sulfidríla e na tirosina também são importantes alterações oxidativas da carne. Os grupamentos sulfidríla são parte integrante do sítio ativo de enzimas reguladoras, relacionadas à manutenção da homeostase celular. A oxidação compromete a ação dessas enzimas, dessa forma há perdas na qualidade e no valor nutritivo da carne (LUND *et al.*, 2007). Devido a sua capacidade de neutralizar radicais livres e a impedir uma maior propagação da oxidação lipídica, os grupamentos sulfidríla se correlacionam negativamente com a oxidação lipídica (VAITHIYANATHAN *et al.*, 2008). Portanto, a redução observada na quantidade de GS-NP da carne é consequência do aumento das alterações oxidativas que ocorrem na carne durante o armazenamento.

Compostos fenólicos, potencial e atividade antioxidante totais da carne

Os animais que consumiram ração adicionada de 400 ppm de EECM apresentaram maior quantidade de compostos fenólicos totais por grama de carne ($p < 0,0001$), quando comparados aos demais tratamentos (Tabela 7).

Tabela 7 - Compostos fenólicos totais (EqAG² µg/g) da carne de suínos alimentados com rações contendo BHT e EECM armazenada a 8 °C por 7 dias.

	Tratamentos (T)				Média	CV ¹	Valor de P		
	Controle	BHT	EECM200	EECM400			T	Dia	TxDia
Dia 0	151,73	177,35	147,33	201,59	169,50	18,34	<0,0001	0,631	0,088
Dia 7	131,42	150,62	167,78	213,33	165,79				
Média	141,58 ^b	163,98 ^b	157,55 ^b	207,46 ^a					

¹Coeficiente de variação; ²Equivalente de ácido gálico; ^{a,b} Médias seguidas por letras distintas na linha diferem pelo teste SNK a 5%;

Compostos fenólicos são originados do metabolismo secundário das plantas, sendo largamente distribuídos na natureza e presentes em alguns ingredientes empregados na ração.

Além disso, os compostos fenólicos podem ser administrados por meio da inclusão de aditivos, sendo absorvidos pelo trato intestinal de suínos, distribuídos e metabolizados em diversos órgãos e fluidos, incluindo o músculo (BOCK; WALDMANN; TERNES, 2008; AZORIN-ORTUÑO *et al.*, 2011). Nesse sentido, como o EECM é rico em compostos fenólicos (FREITAS *et al.*, 2015), a adição de 400 ppm à ração resultou no aumento da quantidade desses compostos na carne suína. Resultados semelhantes foram encontrados por Jang *et al.* (2008) ao avaliarem a adição de extratos vegetais (Extrato de folha de amoreira, madressilva japonesa e fio de ouro) na ração de frangos de corte, observando maior quantidade de compostos fenólicos, bem como maior potencial antioxidante na carne do peito dessas aves.

O potencial antioxidante, avaliado pelo percentual de captura do radical livre DPPH (Tabela 8), foi maior nas amostras de carne de animais que consumiram ração com 200 ppm de BHT e 400 ppm de EECM em relação ao grupo controle ($P < 0,01$). O potencial antioxidante da carne diminuiu após 7 dias de armazenamento sob refrigeração ($P < 0,0001$).

Tabela 8 - Potencial antioxidante (%) da carne de suínos alimentados com rações contendo BHT e EECM armazenada a 8 °C por 7 dias.

	Tratamentos (T)				Média	CV ¹	Valor de P		
	Controle	BHT	EECM200	EECM400			T	Dia	TxDia
Dia 0	34,09	39,74	35,55	39,64	37,25 ^A	16,95	0,005	<0,0001	0,912
Dia 7	26,16	31,49	28,71	34,04	30,10 ^B				
Média	30,12 ^b	35,61 ^a	32,13 ^{ab}	36,84 ^a					

¹Coeficiente de Variação; ^{a,b} Médias seguidas por letras distintas na linha diferem pelo teste SNK a 5%; ^{A,B} Médias seguidas por letras distintas na coluna diferem pelo teste SNK a 5%.

Estudos em carne de frangos alimentados com extratos vegetais mostraram maior potencial antioxidante apenas no dia zero quando comparado ao grupo controle, não sendo observada diferença na carne após 7 dias de armazenamento (JANG *et al.*, 2008). Entretanto, neste estudo, observou-se apenas o efeito positivo da adição de antioxidantes na ração sobre a carne de suínos.

O potencial antioxidante diminuiu aos 7 dias de armazenamento da carne. Segundo Xie e Schaich (2014), as reações com o radical livre DPPH contam grupos fenólicos, superestimando polifenóis e subestimando pequenos fenóis, que podem ser formados durante o armazenamento. Portanto, a redução encontrada no potencial antioxidante da carne aos 7 dias de armazenamento pode estar relacionada a essa característica do teste, na subestimação dos pequenos fenóis formados durante o armazenamento.

A atividade antioxidante total (Tabela 9) foi maior na carne de suínos que consumiram ração adicionada de 400 ppm de EECM em relação aos demais tratamentos

($P < 0,0001$). A atividade antioxidante total da carne não diminuiu aos 7 dias sob refrigeração ($P < 0,05$).

Tabela 9 - Atividade antioxidante total (%) da carne de suínos alimentados com rações contendo BHT e EECM armazenada a 8 °C por 7 dias.

	Tratamentos (T)				Média	CV ¹	Valor de P		
	Controle	BHT	EECM200	EECM400			T	Dia	TxDia
Dia 0	17,90	14,34	16,34	30,01	19,65 ^B	24,05	<0,0001	0,013	0,175
Dia 7	20,74	18,37	23,56	29,13	22,95 ^A				
Média	19,32 ^b	16,35 ^b	19,95 ^b	29,57 ^a					

¹ Coeficiente de Variação; ^{a,b} Médias seguidas por letras distintas na linha diferem pelo teste SNK a 5%; ^{A,B} Médias seguidas por letras distintas na coluna diferem pelo teste SNK a 5%.

Resultados semelhantes foram obtidos por Zhang *et al.* (2015), que verificaram que a adição do polifenol resveratrol via ração aumentou a capacidade antioxidante total da carne suína, bem como de outras enzimas envolvidas no sistema antioxidante. Já em um estudo com frangos alimentados com dietas adicionadas de extratos vegetais, não foi evidenciado o aumento da atividade antioxidante total na carne *in natura* nem após 7 dias de armazenamento (JANG *et al.*, 2008), discordando dos resultados obtidos neste estudo, possivelmente devido à origem, à concentração e ao tipo de compostos fenólicos utilizados.

Sabe-se que os compostos fenólicos são capazes de desempenhar sua atividade antioxidante, inativando radicais livres em ambos os compartimentos celulares, hidrofílico e lipofílico (BIANCHI; ANTUNES, 1999). Possivelmente devido ao maior aporte de fenólicos conferidos pela adição de 400 ppm de EECM à ração, a carne dos animais desse grupo apresentou maior percentual de captura do radical ABTS^{•+}, resultando na maior atividade antioxidante de substâncias que agem no meio hidrofílico e/ou lipofílico. Entretanto, o aumento da atividade antioxidante não se traduziu em uma maior proteção aos ácidos graxos poli-insaturados da carne contra danos oxidativos aos quais foram expostos, conforme evidenciado no perfil lipídico da carne suína e nos níveis de MDA, que não foram alterados pela adição de EECM à dieta.

A atividade antioxidante total se manteve durante o armazenamento, sugerindo relação com a quantidade de compostos fenólicos totais, uma vez que a quantidade desses compostos não declinou com o armazenamento. Vários metabólitos são gerados *in vivo* a partir dos compostos fenólicos administrados via alimentação (BOCK; WALDMANN; TERNES, 2008; LIU *et al.*, 2012) e estes não têm seu mecanismo de ação totalmente elucidado. Porém, os resultados sugerem que esses metabólitos podem aumentar a atividade antioxidante total na carne armazenada.

CONCLUSÕES

Concluiu-se que o EECM na ração de suínos ao nível de 400 ppm implica aumento de compostos fenólicos na carne, que contribuem para a redução das perdas de líquido por cocção e aumento dos níveis de glutathione reduzida no músculo, do potencial e da atividade antioxidante total da carne desses animais.

AGRADECIMENTOS

À Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico (FUNCAP) pelo apoio financeiro ao projeto de pesquisa e à Comissão de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de estudos.

REFERÊNCIAS

- ABDALLA, A.E.M.; DARWISH, S.M.; AYAD, E.H.E.; EL-HAMAHMY, R.M. Egyptian mango by-product 2: antioxidant and antimicrobial activities of extract and oil from mango seed kernel. **Food Chemistry**, v.103, n.4, p.1141-115, 2007.
- AJILA, C.M.; NAIDU, K.A.; BHAT, S.G.; PRASADA RAO, U.J.S. Bioactive compounds and antioxidant potential of mango peel extract. **Food Chemistry**, v.105, n.3, p.982-988, 2007.
- AMAZZAL, L.; LAPÔTRE, A.; QUIGNON, F.; BAGREL, D. Mangiferin protects against 1-methyl-4-phenylpyridinium toxicity mediated by oxidative stress in N2A cells. **Neuroscience Letters**, v.418, n.2, p.159-64, 2007.
- AZORÍN-ORTUÑO, M.; YÁÑEZ-GASCÓN, M. J.; VALLEJO, F.; PALLARÉS, F. J.; LARROSA, M.; LUCAS, R.; MORALES, J. C.; TOMÁS-BARBERÁN, F. A.; GARCÍA-CONESA, T.; ESPÍN, J. C. Metabolites and tissue distribution of resveratrol in the pig. **Molecular Nutrition & Food Research**, v.55, n.8, p.1154–1168, 2011.
- BARBUT, S.; SOSNICKI, A.A.; LONERGAN, S.M.; KNAPP, T. CIOBANU, D.C.; GATGLIFFE, L.J.; HUFF-LONERGAN, E.; WILSON, E.W. Progress in reducing the pale, soft and exudative (PSE) problem in pork and poultry meat. **Meat Science**, v.79, n.1, p.46-63, 2008.
- BARRETO, J.C.; TREVISAN, M.T.S.; HULL, W.E.; ERBEN, G.; BRITO, E.S. de; PFUNDSTEIN, B.; WURTELE, G.; SPIEGELHALDER, B.; OWEN, R.W. Characterization and quantitation of polyphenolic compounds in bark, kernel, leaves, and peel of mango (*Mangifera indica* L.). **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.56,

n.14, p.5599-5610, 2008.

BIANCHI, M.L.P.; ANTUNES, L.M.G. Radicais livres e os principais antioxidantes da dieta. **Revista de Nutrição**, v.12, n.12, p.123-130, 1999.

BLOIS, M. S. Antioxidant determination by the use of a stable free radical. **Nature**, v.181, p.1199-1200, 1958.

BOBBIO, P.A.; BOBBIO, F.O. **Lipídios**. Química do processamento de alimentos. 3 ed. Editora Varela, São Paulo, 2001. p.23-41.

BOCK, C.; WALDMANN, K.H.; TERNES, W. Mangiferin and hesperidin metabolites are absorbed from the gastrointestinal tract of pigs after oral ingestion of a *Cyclopia genistoides* (honeybush tea) extract. **Nutrition Research**, v.28, n.12, p.879-891, 2008.

BORGES, A. da S. **Uso de compostos extraídos da manga (*Mangifera indicus L.*) no controle da oxidação lipídica na carne de frango, em produto cárneo tipo mortadela e ovos de consumo**. 2009. 125f.Tese (Programa de Doutorado Integrado em Zootecnia) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza. 2009.

BRAND-WILLIAMS, W.; CUVELIER, M. E.; BERSET, C. Use of free radical method to evaluate antioxidant activity. **Lebensmittel – Wissenschaft und -Technologie**, v.22, n.1, p.25-30, 1995.

BRASIL. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. **Instrução normativa nº 42, de 16 de dezembro de 2010**. Estabelece os critérios e os procedimentos para a fabricação, fracionamento, importação e comercialização dos produtos isentos de registro. Diário Oficial da União; Brasília, 17 dez. 2010. Seção 1, p.11-13. Disponível em: <<http://sisemasweb.agricultura.gov.br/sislegis/action/detalhaAto.do?method=visualizarAtoPortalMapa&chave=401297954>>. Acesso em: 27 mai. 2016.

CALDARA, F.R.; SANTOS, V.M.O. dos; SANTIAGO, J.C.; ALMEIDA PAZ, I.C. de L.; GARCIA, R.G.; VARGAS JUNIOR, F.M. de; SANTOS, L.S. dos; NÄÄS, I. de A. Propriedades físicas e sensoriais da carne suína PSE. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.13, n.3, p.815-824, 2012.

CARDENIA, V.; RODRIGUEZ-ESTRADA, M.T.; CUMELLA, F.; SARDI, L.; CASA, G.D.; LERCKER, G. Oxidative stability of pork meat lipids as related to high-oleic sunflower oil and vitamin E diet supplementation and storage conditions. **Meat Science**, v.88, p.271-279, 2011.

CHEN, C.H.; PEARSON, A.M.; GRAY, J.I. Effects of synthetic antioxidants (BHA, BHT and PG) on the mutagenicity of IQ-like compounds. **Food Chemistry**, v.43, n.3, p.177-183, 1992.

CHERIAN, G.; SELVARAJ, R.K.; GOEGER, M.P.; STITT, P.A. Muscle Fatty Acid Composition and Thiobarbituric Acid-Reactive Substances of Broilers Fed Different Cultivars of Sorghum. **Poultry Science**, v.81, n.9, p.1415-1420, 2002.

CORTE, O.O.; FELÍCIO, P.E.; CIA, G. Sistematização da avaliação final de bovinos e bubalinos. III. Qualidade da carne. **Boletim Técnico do CTC**, v.3, p.66-76, 1979.

DURÁN, R.M.; PADILLA, R.B. Actividad antioxidante de los compuestos fenólicos. **Grasas e Aceites**, v.44, n.2, p.101-106, 1993.

FOLCH, J.; LEES, M.; STANLEY, G.H.S. A simple method for the isolation and purification of total lipides from animal tissues. **The Journal of Biological Chemistry**, v.226, n.1, p.497-509, 1957.

FOLIN, C.; CIOCALTEU, V. Tyrosine and tryptophan determination in proteins. **The Journal of Biological Chemistry**, v.73, n.2, p.627-650, 1927.

FREITAS, E.R.; BORGES, A. da S.; PEREIRA, A.L.F.; ABREU, V.K.G.; TREVISAN, M.T.S.; WATANABE, P.H. Effect of dietary ethanol extracts of mango (*Mangifera indica* L.) on lipid oxidation and the color of chicken meat during frozen storage. **Poultry Science**, v. 94, p.2989-2995, 2015.

GILBERT, H.F.; MC LEAN, V.M. Molecular and cellular aspects of thiol-disulfide exchange. **Advances in Enzymology and Related Areas of Molecular Biology**, v.63, p.69-172, 1990.

GOIS, F.D.; SBARDELLA, M.; LIMA, C.B. de; MIGOTTO, D.L.; CAIRO, P.L.G.; GARBOSSA, C.A.P.; RACANICCI, A.M.C.; COSTA, L.B. Dietary Brazilian red pepper essential oil on pork meat quality and lipid oxidation. **Ciência Rural**, v.47, n.2, 2017.

GRUNDY, S. M. Cholesterol and coronary heart disease. **Journal of American Medical Association**, v.256, n.20, p.2849–2859, 1986.

HAMM, R. Biochemistry of meat hydration. **Advanced Food Research**, v.10, p.335-362, 1960.

HANCZAKOWSKA, E.; ŚWIĄTKIEWICZ, M.; GRELA, E.R. Effect of dietary inclusion of a herbal extract mixture and different oils on pig performance and meat quality. **Meat Science**, v.108, p.61–66, 2015.

HARTMAN, L.; LAGO, B.C. A rapid preparation of fatty acid methyl esters from lipids. **Laboratory Practice**, v.22, n.6, p.475-477, 1973.

HUBER, K.; QUEIROZ, J.H. de; MOREIRA, A.V.B.; RIBEIRO, S.M.R. Caracterização química do resíduo agroindustrial da manga ubá (*Mangifera indica* L.): uma perspectiva para a obtenção de antioxidantes naturais. **Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial**, v.6, n.1, p.640-654, 2012.

JANG, A.; LIU, X.-D.; SHIN, M.-H.; LEE, B.-D.; LEE, S.-K.; LEE, J.H.; JO, C. Antioxidative Potential of Raw Breast Meat from Broiler Chicks Fed a Dietary Medicinal Herb Extract Mix. **Poultry Science**, v.87, p.2382–2389, 2008.

KANG, M.-H.; MIN, K.-S.; SHIBAMOTO, T. Enhancement of pork quality from pigs fed feeds supplemented with antioxidants containing defatted sesame dregs and dried barley leaves. **International Journal of Nutrition and Food Sciences**, v.2, n.6, p.301-306, 2013.

KOOHMARAIE, M. Quantification of Ca²⁺-dependent protease activities by hydrophobic

and ion-exchange chromatography. **Journal of Animal Science**, v.68, n.3, p.659–665, 1990.

LARA, M.S.; GUTIERREZ, J.I.; TIMÓN, M.; ANDRÉS, A.I. Evaluation of two natural extracts (*Rosmarinus officinalis* L. and *Melissa officinalis* L.) as antioxidants in cooked pork patties packed in MAP. **Meat Science**, v.88, n.3, p.481–488, 2011.

LIU, H.; WU, B.; PAN, G.; HE, L.; LI, Z.; FAN, M.; JIAN, L.; CHEN, M.; WANG, K.; HUANG, C. Metabolism and Pharmacokinetics of Mangiferin in Conventional Rats, Pseudo-Germ-Free Rats, and Streptozotocin-Induced Diabetic Rats. **Drug Metabolism and Disposition**, v.40, n.11, p.2109–2118, 2012.

LIU, Y.; LYON, B.G.; WINDHAM, W.R.; LYON, C.E.; SAVAGE, E.M. Principal Component Analysis of Physical, Color, and Sensory Characteristics of chicken Breasts Debones at two, four, six and twenty-four hours postmortem. **Poultry Science**, n.83, n.1, p.101-108, 2004.

LUDTKE, C.B.; CIOCCA, J.R.P.; DANDIN, T.; BARBALHO, P.C.; VILELA, J.A.; COSTA, O.A.D. **Abate humanitário de suínos**. Rio de Janeiro: WSPA, 2010. 132p.

LUND, M.N.; LAMETSCH, R.; HVIL, M.S.; JENSE, O.N.; SKIBSTED, L.H. High-oxygen packaging atmosphere influences protein oxidation and tenderness of porcine *Longissimus dorsi* during chill storage. **Meat Science**, v.77, n.3, p.295-303, 2007.

MAGANHINI, M.B. **Incidência de PSE (pale, soft, exudative) e DFD (dark, firm, dry), avaliação bioquímica e ultraestrutura do lombo suíno (*longissimus dorsi*)** 2007.96f. Dissertação (Mestrado em Ciência de Alimentos) - Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2007.

MEISTER, A.; ANDERSON, M.E. Glutathione. **Annual Review of Biochemistry**, v.52, p.711-760, 1983.

MERCIER, Y.; GATELLIER, P.; VIAU, M.; REMIGNON, H.; RENERRE, M. Effect of dietary fat and vitamin E on colour stability and on lipid and protein oxidation in turkey meat during storage. **Meat Science**, v.48, n.4, p.301–318, 1998.

MITCHAOTHAI, J.; EVERTS, H.; YUANGKLANG, C.; WITTAYAKUN, S.; VASUPEN, K.; WONGSUTHAVAS, S.; SRENANUL, P.; HOVENIER, R.; BEYNEN, A.C. Meat Quality, Digestibility and Deposition of Fatty Acids in Growing-finishing Pigs Fed Restricted, Iso-energetic Amounts of Diets Containing either Beef Tallow or Sunflower Oil. **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences**, v.21, n.7, p.1015-1026, 2008.

MUELLER-HARVEY, I. Analysis of hydrolysable tannins - a review. **Animal Feed Science Technology**, v.91, n.1-2, p.3-20, 2001.

PIEIDADE, K.R. **Uso de ervas aromáticas na estabilidade oxidativa de filés de sardinha (*Sardinella brasiliensis*) processados**. 2007. 161f. Dissertação (Mestrado em Ciências e Tecnologia de Alimentos) – Universidade de São Paulo, Piracicaba. 2007.

RANUCCI, D.; BEGHELLI, D.; TRABALZA-MARINUCCI, M.; BRANCIARI, R.; FORTE, C.; OLIVIERI, O.; BADILLO PAZMAY, G.V.; CAVALLUCCI, C.; ACUTI, G. Dietary effects of a mix derived from oregano (*Origanum vulgare* L.) essential oil and sweet

chestnut (*Castanea sativa* Mill.) wood extract on pig performance, oxidative status and pork quality traits. **Meat Science**, v.100, p.319–326, 2015.

RE, R.; PELLEGRINI, N.; PROTEGGENTE, A.; PANNALA, A.; YANG, M. RICE-EVANS, C. Antioxidant activity applying an improved ABTS^{o+} radical cation decolorization assay. **Free Radical Biology and Medicine**, v.26, n.9-10, p.1231-1237, 1999.

RIBEIRO, S.M.R.; BARBOSA, L.C.A.; QUEIROZ, J.H.; KNODLER, M.; SCHIEBER, A. Phenolic compounds and antioxidant capacity of Brazilian mango (*Mangifera indica* L.) varieties. **Food Chemistry**, v.110, n.3, p.620–626, 2008.

ROSSI, C.A.R.; LOVATTO, P.A.; GARCIA, G.G.; LENHEN, C.R.; POROLNIK, G.V.; CERON, M.S.; LOVATO, G.D. Alimentação de suínos em terminação com dietas contendo ractopamina e extratos cítricos: desempenho e características de carcaça. **Ciência Rural**, v.40, n.11, p. 2343-2349, 2010.

ROSSI, R.; PASTORELLI, G.; CANNATA, S.; TAVANIELLO, S.; MAIORANO, G.; CORINO, C. Effect of long-term dietary supplementation with plant extract on carcass characteristics meat quality and oxidative stability in pork. **Meat Science**, v.95, n.3, p.542–548, 2013.

ROSSI, R.; RATTI, S.; PASTORELLI, G.; CROTTI, A.; CORINO, C. The effect of dietary vitamin E and verbascoside on meat quality and oxidative stability of *Longissimus dorsi* muscle in medium-heavy pigs. **Food Research International**, v.65, part A, p.88–94, 2014.

ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T.; DONZELE, J.L.; GOMES, P.C.; OLIVEIRA, R.F.; LOPES, D.C.; FERREIRA, A.S.; BARRETO, L.S.T. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: Composição de alimentos e exigências nutricionais**. 3 ed., Viçosa: UFV/DZO, 2011. 252p.

ROWE, L.J.; MADDOCK, K.R.; LONERGAN, S.M.; HUFF-LONERGAN, E. Oxidative environments decrease tenderization of beef steaks through inactivation of μ -calpain. **Journal of Animal Science**, v.82, n.11, p.3254-3266, 2004.

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^{o+}. **Embrapa Agroindústria Tropical: Comunicado técnico**, n.128, 2007. 4p.

SANTOS, R.; RIBEIRO, M. da G.; FARINHA, N.; BARRADAS, A.; NEVES, J. A.; BENTO, P. Estudo da influência de diferentes alimentos sobre características quantitativas e qualitativas da gordura em porcos de raça alentejana. **Revista de Ciências Agrárias**, v.31, n.1, p.5-16, 2008.

SEDLAK, J.; LINDSAY, R.H. Estimation of total, protein-bound, and nonprotein sulfhydryl groups in tissue with Ellman's reagent. **Analytical Biochemistry**, v.24-25, n.1, p.192-205, 1968.

SHIMOKOMAKI, M. Princípios da qualidade de carne. In: SIMPÓSIO DE QUALIDADE DA CARNE, 1, 2003, Jaboticabal. **Anais...** Jaboticabal: FUNEP, 2003. CD-ROM.

SILVA, R.A.M.; PACHECO, G.D.; AGOSTINI, P.S.; VINOKUROVAS, S.L.; OLIVEIRA, E.R.; GAVIOLI, D.F.; LORAZO, A.P.; BRIDI, A.M.; SILVA, C.A. Desempenho, qualidade de carcaça e carne de suínos alimentados com dietas contendo antioxidantes e ractopamina. **Semina: Ciências Agrárias**, v.34, n.6, supl.2, p.3971-3982, 2013.

SIMITZIS, P.E.; SYMEON, G.K.; CHARISMIADOU, M.A.; BIZELIS, J.A.; DELIGEORGIS, S.G. The effects of dietary oregano oil supplementation on pig meat characteristics. **Meat Science**, v.84, n.4, p.670–676, 2010.

SINGLETON, V.; ORTHOFER, R.; LAMUELA-RAVENTOS, R.M. Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of Folin–Ciocalteu reagent. **Methods in Enzymology**, v.299, p.152-175, 1999.

SKIBSTED, L.H.; MIKKELSEN, A.; BERTELSEN, G. Lipid-derived off-flavours in meat. In: SHAHIDI, F. **Flavor of meat, meat products and sea foods**. London: Blackie Academic & professional. 1998. p.217–248.

SOONG, Y.-Y.; BARLOW, P. J. Antioxidant activity and phenolic content of selected fruit seeds. **Food Chemistry**, v. 88, n. 3, p. 411-417, 2004.

SOUZA, M.A.de A. **Oxidação lipídica e proteica em carnes**. 2011. 85f.Tese (Doutorado em Ciências de Alimentos) - Universidade Estadual de Londrina, Londrina. 2011.

STEPANIC, V.; TROSELJ, K.G.; LUCIC, B.; MARKOVIC, Z.; AMIC, D. Bond dissociation free energy as general parameter for flavonoid radical scavenging activity. **Food Chemistry**, v.141, n.2, p.1562-1579, 2013.

VAITHIYANATHAN, S.; NAVEENA, B.M.; MUTHUKUMAR, M.; GIRISH, P.S.; RAMAKRISHNA, C.; SEN, A.R.; BABJI, Y. Biochemical and physicochemical changes in spent hen breast meat during postmortem aging. **Poultry Science**, v.87, n.1, p.180–186, 2008.

VIEIRA, P.A.F.; QUEIROZ, J.H. de; ALBINO, L.F.T.; MORAES, G.H.K. de; BARBOSA, A. de A.; MÜLLER, E.S.; VIANA, M.T. dos S. Efeitos da inclusão de farelo do resíduo de manga no desempenho de frangos de corte de 1 a 42 dias. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, n.12, p.2173-2178, 2008.

WARRISS, P.D.; BROWN, S.N. The Relationships Between Initial pH, Reflectance and Exudation in Pig Muscle. **Meat Science**, v.20, n.1, p.65-74, 1987.

XIE, J.; SCHAICH, K. M. Re-evaluation of the 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl free radical (DPPH) assay for antioxidant activity. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.62, n.19, p.4251–4260, 2014.

ZHANG, C.; LUO, J.; YU, B.; ZHENG, P.; HUANG, Z.; MAO, X.; HE, J.; YU, J.; CHEN, J.; CHEN, D. Dietary resveratrol supplementation improves meat quality of finishing pigs through changing muscle fiber characteristics and antioxidative status. **Meat Science**, v.102, p.15–21, 2015.



PARÂMETROS QUALITATIVOS E ATIVIDADE ANTIOXIDANTE DE MORTADELAS ELABORADAS COM CARNE DE SUÍNOS ALIMENTADOS COM RAÇÃO CONTENDO EXTRATO ETANÓLICO DE CAROÇO DE MANGA

Lina Raquel Santos Araújo

Faculdade de Veterinária, Universidade Estadual do Ceará, Fortaleza, CE
<http://lattes.cnpq.br/7591378438576586>

Pedro Henrique Watanabe

Departamento de Zootecnia, Universidade Federal do Ceará
<http://lattes.cnpq.br/1287479281990951>

Ednardo Rodrigues Freitas

Departamento de Zootecnia, Universidade Federal do Ceará
<http://lattes.cnpq.br/1097985827805133>

Irvila Ricarte de Oliveira Maia

Escola Estadual Técnica de Embu, Embu das Artes, SP
<http://lattes.cnpq.br/8872908140082915>

Danilo Rodrigues Fernandes

Departamento de Zootecnia, Universidade Federal do Ceará
<http://lattes.cnpq.br/6272537260608587>

Ênio Campos da Silva

MBA em Produção Avícola, Didatus, Fortaleza, CE
<http://lattes.cnpq.br/6829076136051055>

Rennan Romullo Silva Pinheiro

Departamento de Zootecnia, Universidade Federal do Ceará
<http://lattes.cnpq.br/4638969440661699>

Marcelle Craveiro Abreu de Melo

Departamento de Zootecnia, Universidade Federal do Ceará
<http://lattes.cnpq.br/6416479216908971>

Maria Teresa Salles Trevisan

Departamento de Química, Universidade Federal do Ceará
<http://lattes.cnpq.br/9109195307461296>

Informações sobre o

artigo:

Recebido em:

01/09/2020

Aceite em:

14/09/2020

Data de publicação:

22/09/2020

RESUMO

Objetivou-se avaliar os efeitos da inclusão de extrato etanólico de caroço de manga (EECM) na ração de suínos sobre pH, parâmetros de cor, estabilidade oxidativa, compostos fenólicos (CF), potencial e atividade antioxidante total de mortadelas elaboradas com a carne desses animais. Foram utilizados 32 machos castrados com 60 dias de idade e peso médio de $20,20 \pm 1,34$ kg, distribuídos entre quatro tratamentos, em um delineamento em blocos ao acaso, com oito repetições por tratamento. Os tratamentos consistiram nas rações: controle = sem adição de antioxidante; BHT = com 200 ppm de butilhidroxitolueno (BHT); EECM200 = com 200 ppm de EECM;

Palavras-chave:

Butilhidroxitolueno

Compostos fenólicos

Mangiferina

Produto cárneo

EECM400 = com 400 ppm de EECM. Aos 145 dias de idade os animais foram abatidos, sendo retirada parte do lombo para a elaboração de mortadelas, que foram analisadas durante 90 dias de armazenamento a 4°C. O menor valor do componente L* foi registrado nas mortadelas elaboradas com as carnes de animais que consumiram as rações com 200 ppm de EECM quando comparado com as dos que consumiram ração contendo BHT (P<0,05). Mortadelas elaboradas com a carne de animais que consumiram ração contendo 400 ppm de EECM apresentaram maiores níveis de CF em relação aos demais tratamentos aos 60 dias de armazenamento, já aos 90 dias esses níveis foram maiores naquelas formuladas com a carne de animais que consumiram EECM independentemente do nível adotado (P<0,0001). Mortadelas elaboradas com a carne de suínos que consumiram ração contendo BHT apresentaram maior atividade antioxidante total aos 30 dias de armazenamento, já aos 60 dias a adição de 400 ppm de EECM foi semelhante ao BHT e aos 90 dias os dois níveis de EECM foram similares ao BHT (P<0,001). Antioxidantes incorporados à carne por meio da inclusão de EECM na alimentação de suínos resistem ao processamento térmico incrementando o conteúdo de compostos fenólicos totais e aumentando a atividade antioxidante total em mortadelas elaboradas com a carne desses animais, sendo o nível de 400 ppm o mais efetivo.

QUALITATIVE PARAMETERS AND ANTIOXIDANT ACTIVITY OF MORTADELS MADE WITH PORK FEED WITH DIET CONTAINING ETHANOL EXTRACT OF MANGO SEED

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the effects of the inclusion of ethanolic extract of mango seed (EEMS) on the diet of pigs on pH, color parameters, oxidative stability, phenolic compounds (CF), potential and total antioxidant activity of mortadella made with the meat of these animals. Thirty-two castrated males with 60 days of age and average weight of 20.20 ± 1.34 kg were distributed among four treatments in a randomized complete block design with eight repetitions per treatment. The treatments consisted of the rations: control = without addition of antioxidant; BHT = with 200 ppm butylhydroxytoluene (BHT); EEMS200 = with 200 ppm of EEMS; EEMS400 = with 400 ppm of EEMS. At 145 days of age the animals were slaughtered and part of the loin was removed for the preparation of mortadella, which were analyzed during 90 days of storage at 4°C. The lowest value of the L* component was recorded in the mortadellas made with the meats of animals that consumed the rations with 200 ppm EEMS when compared to those which consumed feed containing BHT (P <0.05). Mortadellas made with the meat of animals that consumed ration containing 400 ppm of EECM had higher levels of CF in relation to the other treatments at 60 days of storage, and at 90 days those levels were higher in those formulated with the meat of animals that consumed EEMS independently of the level adopted (P <0.0001). Mortadellas made from pork that consumed

Keywords:

Butylhydroxytoluene

Mangiferin

Meat product

Phenolic compounds

ration containing BHT had a higher total antioxidant activity at 30 days of storage. At 60 days, the addition of 400 ppm of EEMS was like BHT and at 90 days the two levels of EEMS were like BHT ($P < 0.001$). Antioxidants incorporated into the meat through the inclusion of EEMS in swine feed resist thermal processing by increasing the content of total phenolic compounds and increasing the total antioxidant activity in mortadellas made with the meat of these animals, being the level of 400 ppm the most effective.

INTRODUÇÃO

O Brasil vem se mantendo no ranking mundial como quarto maior produtor e exportador de carne suína, sendo que 84,8% da carne produzida é destinada ao mercado interno (ABPA, 2016). No mercado brasileiro a maior parte da carne suína consumida é processada, cerca de 89% e apenas 11% é consumida na forma *in natura* (ABPA, 2015). Produtos cárneos processados são mais suscetíveis à oxidação lipídica, que é acelerada por processos como o corte e o cozimento, acarretando perda de qualidade (PADILHA, 2007), sendo muitas vezes indispensável a utilização de antioxidantes durante o processamento e elaboração de embutidos.

O controle e a prevenção da oxidação lipídica ocorrem por meio da adição de antioxidantes aos produtos cárneos. Devido à maior eficácia na inibição da oxidação lipídica e ao menor custo, os compostos antioxidantes mais utilizados na indústria são polifenóis de origem sintética (ZHANG *et al.*, 2015). Contudo, os antioxidantes sintéticos têm sido relacionados a efeitos carcinogênicos e hepatotóxicos (WITSCHI, 1986; WURTZEN, 1993). Embora não existam trabalhos mais recentes sobre a toxicidade dessas substâncias, a problemática acerca dos antioxidantes sintéticos continua impulsionando pesquisas na área, buscando substituí-los por substâncias mais seguras. Nesse sentido, estudos têm sido realizados no sentido de encontrar produtos naturais com atividade antioxidante, os quais permitirão substituir os sintéticos ou fazer associações entre eles, com intuito de diminuir sua quantidade nos alimentos (SOARES, 2002), inclusive tem-se estudado a incorporação de antioxidantes dietéticos na carne de animais (ROSSI *et al.*, 2014; FREITAS *et al.*, 2015) e seus possíveis efeitos no produto cárneo processado (BORGES, 2009).

O extrato etanólico de manga é conhecido por seu elevado conteúdo de compostos fenólicos com alto potencial antioxidante, tais como o ácido gálico, o ácido elágico e a mangiferina (SOONG; BARLOW, 2004; BARRETO *et al.*, 2008; RIBEIRO *et al.*, 2008). O mecanismo de ação antioxidante predominante desse extrato está relacionado à transferência

de elétrons seguida da perda de prótons em fase aquosa, o que faz dele um potente aditivo antioxidante (STEPANIC *et al.*, 2013). Há relatos de que compostos fenólicos administrados por meio da alimentação são absorvidos pelo trato intestinal de suínos, distribuídos e metabolizados em diversos tecidos, incluindo o músculo (BOCK; WALDMANN; TERNES, 2008; AZORIN-ORTUÑO *et al.*, 2011). Nesse sentido, compostos antioxidantes administrados na alimentação são incorporados à carne de animais e podem permanecer em produtos cárneos processados, como os embutidos melhorando sua estabilidade oxidativa durante o armazenamento (FASSEAS *et al.*, 2007; BORGES, 2009), podendo prescindir a utilização de antioxidantes exógenos durante o processamento de produtos cárneos.

Portanto, o presente estudo teve o objetivo de avaliar os efeitos da inclusão de extrato etanólico do caroço da manga na ração de suínos sobre o pH, parâmetros de cor, estabilidade oxidativa, compostos fenólicos, potencial e atividade antioxidante total de mortadelas elaboradas com a carne desses animais.

MATERIAL E MÉTODOS

Preparação do extrato do caroço de manga

A preparação do extrato etanólico do caroço da manga (EECM) foi realizada no Laboratório de Produtos Naturais do Departamento de Química da Universidade Federal do Ceará (UFC).

As variedades de manga utilizadas foram tommy e jasmim. Cerca de 200 kg de caroços e cascas foram obtidos de uma empresa de processamento de frutas, situada no município de Aquiraz - CE. O material foi lavado, os caroços foram separados e expostos ao sol por 48 horas, depois foram submetidos à secagem em estufa, à temperatura de 55 °C, por um período de 72 horas, obtendo-se 23,75 kg de caroço seco. Para iniciar o processo de extração, os caroços foram triturados, sofrendo uma perda de 10% do material durante o processamento.

O resíduo moído (21,30 kg) foi acondicionado em recipientes de vidro de 5 litros e submetido à extração a frio seguindo a metodologia de Barreto *et al.* (2008) com adaptações. Adicionou-se hexano aos recipientes, que continham cerca de 1,45 kg de caroço moído, em quantidade suficiente para mantê-lo imerso durante sete dias à temperatura ambiente (25 °C). Após a extração, o material foi filtrado e o extrato concentrado em rotoevaporador (Marconi MA120/TH) a 50°C, rotação de 60 rpm e pressão reduzida para obtenção do extrato

hexânico. As extrações com hexano se repetiram por mais duas semanas, totalizando 21 dias de extração para uma mesma quantidade de resíduo, nessa etapa obteve-se 1,03 kg de extrato hexânico. Depois de seco em estufa, o caroço moído passou pelo mesmo processo de extração a frio utilizando dessa vez etanol para extração, obtendo 2,46 kg de EECM. Devido ao extrato apresentar características de gel, este foi diluído em óleo de soja degomado para ser misturado nas rações.

Foram retiradas alíquotas do extrato para avaliação do potencial antioxidante, atividade antioxidante total e determinação de compostos fenólicos totais (Tabela 1). O butilato de hidroxitolueno (BHT) foi usado como padrão. O potencial antioxidante total dos extratos foi avaliado pela capacidade de sequestro do radical livre DPPH, de acordo com o procedimento descrito por Brand-Willians, Cuvelier e Berset (1995), resultados expressos em mg/L, referente à metade da concentração inibitória máxima (IC₅₀). A atividade antioxidante total (AAT) foi determinada pela captura do radical livre ABTS^{o+} (2,2'-azinobis(3-etilbenzotiazolina-6-ácido sulfônico)) e o resultado expresso em µM de capacidade antioxidante equivalente ao trolox (TEAC) por g de extrato (RUFINO *et al.*, 2007). A análise dos compostos fenólicos totais foi realizada pelo método Folin-Ciocalteau, expresso em mg de equivalente de ácido gálico - EqAG— por g de extrato (FOLIN; CIOCALTEAU, 1927; MUELLER-HARVEY, 2001). Mesmo com o EECM apresentando potencial e atividade antioxidante total *in vitro* superior ao BHT, adotou-se as mesmas concentrações iniciais para o EECM e para o controle positivo com BHT.

Tabela 1 - Potencial antioxidante, atividade antioxidante total e compostos fenólicos totais (CF) do extrato etanólico do caroço da manga (EECM).

	DPPH IC ₅₀ ¹ (mg/L)	ABTS ^{o+} ² (µM TEAC.g ⁻¹)	CF (mg EqAG/g)
EECM	175,66	518,68	95,50
BHT	289,17	350,83	-

¹ Radical livre 2,2 difenil-1-picril-hidrazil; ² Radical livre 2,2' - azino-bis (3 - etilbenzotiazolin) 6-ácido sulfônico

Instalações, animais e tratamentos

Todos os procedimentos realizados foram previamente aprovados pela Comissão de Ética em Pesquisa Animal (CEPA) da Universidade Federal do Ceará, sob o protocolo nº 73/2012.

O experimento foi desenvolvido no Setor de Suinocultura do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal do Ceará, no município de Fortaleza. Durante o período experimental a temperatura média registrada foi de 28,3°C e umidade relativa do ar de 70,7%.

Foram utilizados 32 suínos machos castrados de genética comercial com 60 dias de idade, peso médio de $20,20 \pm 1,34$ kg, que foram distribuídos entre quatro tratamentos, em um delineamento em blocos ao acaso, com oito repetições por tratamento, considerando o animal como unidade experimental. O critério adotado para a formação dos blocos foi o peso inicial dos animais.

Os tratamentos consistiram em: Controle = ração sem adição de antioxidante; BHT = ração com adição de 200 ppm de BHT; EECM200 = ração com 200 ppm de EECM; EECM400 = ração com 400 ppm de EECM.

As rações experimentais foram formuladas para as fases de crescimento I (60 a 90 dias), crescimento II (91 a 110 dias) e terminação (111 a 145 dias), conforme a Tabela 2. Foram utilizados os valores da composição química dos alimentos e as exigências nutricionais dos animais de acordo com as recomendações de Rostagno *et al.* (2011), sendo isonutrientes para cada fase. Em função dos tratamentos, o ingrediente inerte da ração foi substituído proporcionalmente pelos antioxidantes nos níveis pré-determinados.

Durante os 90 dias do período experimental, os animais receberam ração e água à vontade. As rações foram administradas na forma farelada, sendo disponibilizadas quatro vezes ao dia. Ao final do período experimental os animais foram abatidos, sendo submetidos a jejum sólido de 12h. Os animais foram transportados por 15 km até o abatedouro localizado na região metropolitana de Fortaleza, CE, onde foram alojados em baias de descanso até a hora do abate. O abate foi conduzido de forma humanitária (LUDTKE *et al.*, 2010). As carcaças foram serradas longitudinalmente ao meio e levadas à câmara fria, em temperatura de refrigeração (4°C), permanecendo por 24 horas.

Tabela 2 - Composição percentual e nutricional das rações controle para cada fase experimental.

Ingredientes, %	Crescimento I	Crescimento II	Terminação
Milho moído	68,895	71,882	75,798
Farelo de soja	26,613	23,395	19,113
Óleo de soja	1,000	1,000	1,000
Fosfato bicálcico	1,126	1,297	1,694
Calcário calcítico	0,651	0,603	0,580
Suplemento mineral e vitamínico ¹	0,300	0,300	0,300
Sal	0,356	0,335	0,314
Lisina HCl	0,195	0,223	0,269
L-Treonina	0,035	0,042	0,076
DL-Metionina	0,024	0,020	0,027
L-Triptofano	0,000	0,000	0,002
Inerte (areia lavada)	0,805	0,903	0,827
Total	100,000	100,000	100,000
Valores calculados, %			
Energia metabolizável, kcal/kg	3.230	3.230	3.230
Proteína bruta	18,250	17,070	15,530
Fosforo disponível	0,314	0,269	0,250
Cálcio	0,635	0,552	0,512
Sódio	0,180	0,170	0,160
Lisina digestível	0,943	0,891	0,829
Metionina+cistina digestível	0,556	0,526	0,497
Treonina digestível	0,613	0,579	0,555
Triptofano digestível	0,187	0,170	0,149

¹Níveis por kg de ração: vitamina A (3.199,87 UI), vitamina D3 (649,97 UI), vitamina E (8,5 UI), vitamina K3 (1,00 mg), vitamina B1 (0,33 mg), vitamina B2 (2,8 mg), vitamina B6 (0,60 mg), vitamina B12 (10,50 mcg), ácido fólico (0,25 mg), ácido pantotênico (9,34 mg), niacina (16,00 mg), selênio (0,30 mg), promotor de crescimento (22,01 mg), manganês (14,93 mg), zinco (0,08 g), ferro (0,05 g), cobre (7,98 mg), iodo (0,30 mg)

Coleta e acondicionamento de amostras de músculo

Da meia carcaça direita de cada animal, foi colhida uma amostra de aproximadamente 10 cm do músculo *Longissimus Lumborum*. Estas foram acondicionadas em sacos plásticos identificados, colocados em isopor com gelo e imediatamente transportados para o Laboratório de Processamento de Carnes e Pescado do DTA/UFC, onde cada amostra foi embalada a vácuo e armazenada a temperatura de -20°C até o momento da elaboração dos embutidos.

Elaboração de embutidos

As mortadelas foram elaboradas na Empresa Pole Alimentos do Grupo Regina, localizada no distrito industrial do município de Maracanaú-CE. As mortadelas foram preparadas com massa básica constituída de 75% de carne suína, 5% de toucinho e 12% de água gelada, sem adição de aditivos antioxidantes (Tabela 3), respeitando o regulamento técnico de identidade e qualidade de mortadela (BRASIL, 2000).

Tabela 3 - Composição das mortadelas.

Ingrediente	%
Carne suína	75,00
Toucinho	5,00
Água gelada	12,00
Sal refinado	2,00
Condimento para mortadela ¹	0,40
Alho em pasta	0,40
Sal para cura ²	0,20
Fécula de mandioca	3,00
Proteína de soja	2,00
Total	100,00

¹Sal refinado, especiarias naturais, aromatizantes naturais; ²Sal refinado, nitrito de sódio, nitrato de sódio

Inicialmente adicionou-se a carne suína e o toucinho ao *cutter* (METVISA CUT.2,5L), que foi acionado em rotação máxima por 15 segundos (1.650 rpm). Em seguida foram adicionados sal refinado (NaCl), alho em pasta, condimento para mortadela e sal para cura, acionando o *cutter* por mais 15 segundos. Por último, a fécula de mandioca, a proteína de soja e a água foram incorporadas aos poucos à mistura acionando o *cutter* por mais 15 segundos, até a massa atingir a liga desejada. A temperatura da massa foi controlada para que a mesma não atingisse temperatura acima de 15°C.

A massa emulsionada foi embutida manualmente com o auxílio de um funil de aço inox com vara de 40 cm em envoltório artificial de 40 mm de diâmetro. As embalagens foram previamente submersas em água tratada com hipoclorito de sódio a 100 ppm. Foram obtidas três mortadelas com peso unitário aproximado de 200 gramas para cada repetição. Em seguida, as mortadelas foram cozidas a vapor em estufa a 88°C por 1 hora e 30 minutos, tempo suficiente para que o centro da mortadela atingisse 75°C. Após o período de cozimento, as mortadelas sofreram choque-térmico ao serem submetidas ao banho com água fria.

Em seguida, as mortadelas foram armazenadas sob refrigeração da temperatura de 4°C por um período de até 90 dias. A cada 30 dias uma mortadela de cada repetição foi

analisada quanto a cor, pH, estabilidade lipídica, compostos fenólicos totais, potencial antioxidante e atividade antioxidante total.

Medição do pH, cor e estabilidade lipídica da mortadela suína

A determinação de cor e pH foi realizada no Laboratório de Análise de Alimentos da Embrapa Agroindústria Tropical. O pH foi mensurado em três pontos com o auxílio de peagâmetro com eletrodo tipo faca (HI-99163, Hanna Instruments, Brasil), calculando-se o pH médio para cada mortadela. A cor foi mensurada com o auxílio do colorímetro KONICA MINOLTA CR300 (Minolta Company, Osaka, Japão), operando no sistema CIE (Commissiom Internationale de l'Eclairage), medindo-se as unidades L^* , a^* e b^* .

As análises para o acompanhamento da oxidação lipídica nas mortadelas de carne suína foram realizadas no Laboratório de Fisiologia Animal, do Departamento de Zootecnia da UFC. Para quantificar as substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS) utilizou-se a técnica colorimétrica descrita por Cherian *et al.* (2002). Dois gramas de mortadela foram homogeneizados com 18 mL de ácido perclórico a 3,86% e 50 μ L de BHT a 4,5%, posteriormente centrifugadas a 10.000g por 10 minutos a 4°C e filtradas em papel filtro. Do sobrenadante retirou-se 1 mL que foi adicionado de 1 mL de solução aquosa de TBA (20 mM) e aquecido em banho-maria a 95°C por 30 minutos. A reação foi interrompida com banho gelado e depois realizadas as leituras em espectrofotômetro a 531 nm. Os resultados foram expressos em μ g de malondialdeído (MDA) por g de mortadela.

Compostos fenólicos, potencial e atividade antioxidante totais da mortadela

De cada mortadela retirou-se 10 g de amostra que foi homogeneizada em 10 mL de água destilada para se obter uma concentração de 1 mg por 1 mL de água destilada (KURCUBIC, *et al.*, 2014). As amostras foram centrifugadas a 1.500 g por 5 minutos e o sobrenadante utilizado para determinação de compostos fenólicos totais, potencial antioxidante e atividade antioxidante total.

Os compostos fenólicos totais foram determinados seguindo a metodologia de Singleton, Orthofer e Lamuela-Raventos (1999). Do extrato aquoso retirou-se alíquotas de 0,5 mL, adicionou-se 2,25 mL de água, 0,25 mL de reagente de Folin-Ciocalteu e 2 mL de carbonato de sódio (NaHCO_3) a 7,5%. A mistura foi mantida por 15 min a 45°C em banho seco (Thermo Mixer C, Eppendorf®), e a absorbância medida em espectrofotômetro (Femto

700 plus) a 765 nm. A quantificação foi feita com base na curva padrão gerada com ácido gálico e os resultados expressos em µg de Equivalente de ácido gálico por g de mortadela (µg AG / g).

O potencial antioxidante foi avaliado por meio do percentual de captura do radical livre DPPH (BLOIS, 1958). Retirou-se 200 µL de sobrenadante, que foi adicionado a 800 µL de água e 1 mL de solução metanólica do radical livre DPPH (0,2 mM). A mistura foi submetida ao vórtex e deixada em repouso à temperatura ambiente durante 30 min. Um tubo contendo 1 mL de água destilada e 1 mL de solução metanólica do radical livre DPPH serviu como controle. Absorbância da solução foi medida em espectrofotômetro (Femto 700 plus) a 517 nm. A percentagem de captura dos radicais livres DPPH foi obtida a partir da seguinte equação:

$$\text{Atividade captura} = [1 - (\text{Abs teste} / \text{Abs controle})] \times 100$$

A atividade antioxidante total foi avaliada através do percentual de sequestro do radical $\text{ABTS}^{\circ+}$ (2,2-Azinobis-ácido-3-etilbenzotiazolina-6-sulfônico) segundo a metodologia de Re *et al.* (1999). O $\text{ABTS}^{\circ+}$ foi produzido por meio da reação de 5 mL de $\text{ABTS}^{\circ+}$ 7 mM com 18 µL de persulfato de potássio 140 mM. A mistura foi incubada no escuro à temperatura ambiente durante 12 a 16 horas antes da utilização. A solução $\text{ABTS}^{\circ+}$ foi diluída com PBS de 5,5 mM (pH 7,4) a uma absorbância de $0,70 \pm 0,02$ a 734 nm (Femto Espectrofotômetro 700 plus) e equilibrou-se a 30°C.

Uma alíquota de 10 µL de homogenato foi adicionada à 1 mL da solução diluída de $\text{ABTS}^{\circ+}$, e a absorbância foi lida a 30°C exatamente 6 minutos após a mistura inicial. A percentagem de inibição da absorbância em branco ($0,70 \pm 0,02$) foi calculada para cada amostra, adotando a mesma equação usada para cálculo do percentual de captura do radical livre DPPH.

Análise estatística

As análises estatísticas dos dados foram realizadas utilizando-se o PROC GLM (Statistical Analysis System, versão 9.2). A comparação entre as médias foi realizada pelo teste SNK a 5% de probabilidade. Foi adicionado ao modelo de análise o efeito do tempo de armazenamento, 30, 60 e 90 dias, e da interação tratamento x tempo de armazenamento.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Medição de pH, cor e estabilidade lipídica da mortadela suína

Não foi observado efeito dos tratamentos sobre o pH de mortadelas elaboradas com a carne de suínos ($P>0,05$), porém observou-se uma elevação do pH nessas mortadelas aos 90 dias de armazenamento (Tabela 4).

Tabela 4 - Valor de pH de mortadelas elaboradas com carne de suínos alimentados com rações contendo BHT e EECM armazenadas sob refrigeração a 4 °C por 90 dias.

Dias	Tratamentos (T)				Média	CV ¹	Valor de P		
	Controle	BHT	EECM200	EECM400			T	Dia	TxDia
30	6,07	6,01	6,05	6,02	6,04 ^B	1,32	0,117	<0,0001	0,899
60	6,04	6,03	6,07	6,03	6,04 ^B				
90	6,15	6,11	6,15	6,08	6,12 ^A				
Média	6,08	6,05	6,09	6,04					

¹Coefficiente de variação; ^{A,B} Médias seguidas por letras distintas na coluna diferem pelo teste SNK a 5% de probabilidade.

Os resultados obtidos no presente trabalho corroboram com os encontrados por Pereira *et al.* (2011), visto que o extrato etanólico do caroço da manga adicionado diretamente na elaboração das mortadelas não influenciou os valores de pH durante os 21 dias de armazenamento. Da mesma forma, não houve efeito da adição de antioxidantes na ração dos suínos sobre o pH das mortadelas elaboradas a partir da carne desses animais ($P>0,05$).

Contrariamente aos resultados obtidos, Yunes *et al.* (2013) e Song *et al.* (2014) relataram uma redução nos valores de pH durante o armazenamento de mortadelas até os 60 dias, devido, principalmente, ao crescimento gradual de bactérias lácticas normalmente presentes nos alimentos que são produtoras de ácido lático e responsáveis pela queda do pH (NASCIMENTO; MORENO; KUAYE, 2008). Entretanto, os valores de pH encontrados na presente pesquisa estão dentro de níveis aceitáveis para uma boa conservação de alimentos processados, conforme Pereira *et al.* (2010).

Alimentos de baixa acidez ($\text{pH}>4,5$) como as mortadelas, são os mais sujeitos a multiplicação microbiana, tanto de espécies patogênicas quanto de espécies deteriorantes (FRANCO; LANDGRAF, 2008). Portanto, o aumento do pH durante o armazenamento pode estar relacionado à instalação de um processo deteriorativo, sugerindo uma possível redução da população de bactérias lácticas presentes nos embutidos, que não foram alvo do presente estudo.

Houve efeito da adição de antioxidantes na ração de suínos sobre o componente de cor L* ($P < 0,05$) das mortadelas elaboradas a partir da carne desses animais (Tabela 5). Mortadelas elaboradas com a carne de animais que receberam BHT na ração apresentaram maiores valores de L* quando comparadas às do tratamento EECM200. Porém, as amostras não sofreram alteração desse parâmetro durante o período de estocagem ($P > 0,05$).

Tabela 5 - Componente de cor L* (intensidade de luminosidade) de mortadelas elaboradas com carne de suínos alimentados com rações contendo BHT e EECM armazenadas sob refrigeração a 4 °C por 90 dias.

Dias	Tratamentos				Média	CV ¹	Valor de P		
	Controle	BHT	EECM200	EECM400			T	Dia	TxDia
30	64,39	65,14	64,01	64,55	64,52	2,10	0,062	0,081	0,999
60	65,26	65,73	64,92	65,38	65,32				
90	64,54	65,42	64,33	64,93	64,80				
Média	64,53 ^{ab}	65,13 ^a	64,22 ^b	64,69 ^{ab}					

¹Coeficiente de variação; ^{a,b} Médias seguidas por letras distintas na linha diferem pelo teste SNK a 5% de probabilidade.

O'Grady *et al.* (2000) sustentam que existe uma interdependência entre a oxidação lipídica e a oxidação da cor. A oxidação do pigmento pode catalisar a oxidação lipídica, assim como, os radicais livres produzidos durante a oxidação lipídica podem oxidar o átomo de ferro ou desnaturar a molécula de mioglobina, alterando negativamente a cor dos produtos cárneos.

Compostos fenólicos podem desempenhar um papel importante na descoloração dos produtos alimentares (QUINDE-AXTELL; BAIK, 2006), entretanto, não se observou alterações na cor das mortadelas elaboradas a partir da carne de animais que receberam antioxidantes na ração, exceto no componente de cor L*. O maior valor do componente de cor L* observado no tratamento BHT em relação ao EECM200 indica maior palidez do produto, que está diretamente associada à desnaturação proteica (OLIVO; SHIMOKOMAKI, 2006). A coloração pálida da carne pode ser consequência de uma desnaturação durante o início da fase pós-morte ou ser efeito do baixo pH nas propriedades refletoras da luz dos pigmentos (GUILHERME *et al.*, 2008) e essa característica quando presente é repassada aos embutidos elaborados com essas carnes, como as mortadelas (VITORIA, 2014). Portanto, os resultados sugerem que a adição de BHT à ração de suínos, quando comparada a adição de 200 ppm de EECM, não foi suficiente para conter a desnaturação proteica inicial da carne desses animais, resultando em mortadelas mais pálidas. Porém, todos os valores de luminosidade apresentaram-se elevados quando comparados a estudos anteriores (CHENG; WANG; OCKERMAN, 2007; PEREIRA *et al.*, 2010).

Durante o período de armazenamento, de 30 a 90 dias, não foram observadas variações de valor do componente de cor L* das mortadelas elaboradas com a carne de suínos que consumiram ração contendo antioxidantes, corroborando com os resultados de Borges (2009) que avaliou mortadelas armazenadas por até 90 dias, elaboradas a partir da carne de frangos que consumiram rações adicionadas de extratos da casca e do caroço da manga.

O componente de cor a* não sofreu influência do tratamento ($P>0,05$), permanecendo estável durante todo o período de armazenamento (Tabela 6).

Tabela 6 - Componente de cor a* (intensidade de vermelho) de mortadelas elaboradas com carne de suínos alimentados com rações contendo BHT e EECM armazenadas sob refrigeração a 4 °C por 90 dias.

Dias	Tratamentos (T)				Média	CV ¹	Valor de P		
	Controle	BHT	EECM200	EECM400			T	Dia	TxDia
30	12,74	12,36	13,07	12,93	12,78	9,31	0,190	0,064	0,999
60	12,55	12,35	12,85	12,54	12,57				
90	12,09	12,16	12,80	12,61	12,40				
Média	12,69	12,40	13,04	12,83					

¹Coeficiente de variação; Médias não diferiram pelo teste SNK a 5% de probabilidade.

Segundo Borges (2009), ao avaliar os parâmetros de cor da mortadela elaborada a partir da carne de frangos alimentados com rações contendo antioxidantes, observou que tanto o antioxidante sintético como os extratos da manga (casca e caroço) proporcionaram mortadelas com maior intensidade de vermelho, relatando a estabilidade desse parâmetro de cor dos 30 até os 90 dias de armazenamento.

Provavelmente, a ausência de efeitos em relação à cor, principalmente em relação ao componente a*, pode estar associado à adição do nitrito e nitrato, presentes no sal de cura, que são responsáveis por conferir e fixar a cor rósea avermelhada, característica dos produtos cárneos emulsionados. A cor estável dos produtos cárneos é resultado da desnaturação térmica da parte proteica da mioglobina, através do aquecimento, originando um pigmento róseo brilhante mais estável, denominado nitrosohemocroma (FARIA *et al.*, 2001).

O componente de cor b* das mortadelas elaboradas com a carne de animais que receberam rações contendo antioxidantes manteve-se constante durante o período de estocagem e não houve efeito dos tratamentos ($P>0,05$) conforme Tabela 7. Estes resultados corroboram com os obtidos por Borges (2009), que observou uma estabilidade nos valores do componente b* durante o período de estocagem, sem observar efeitos da adição de antioxidantes sobre esse componente. Da mesma forma, Costa *et al.* (2011) também não

observaram influência do ácido fítico como antioxidante adicionado à ração de suínos sobre a cor de linguças formuladas com a carne desses animais.

Tabela 7 - Componente de cor b* (intensidade de amarelo) de mortadelas elaboradas com carne de suínos alimentados com rações contendo BHT e EECM armazenadas sob refrigeração a 4 °C por 90 dias.

Dias	Tratamentos (T)				Média	CV ¹	Valor de P		
	Controle	BHT	EECM200	EECM400			T	Dia	TxDia
30	11,33	10,97	10,86	11,13	11,07	8,61	0,579	0,233	0,995
60	11,83	11,33	11,38	11,60	11,53				
90	11,63	11,40	11,33	11,11	11,37				
Média	11,41	11,15	11,09	11,19					

¹Coefficiente de variação; Médias não diferiram pelo teste SNK a 5% de probabilidade.

Não houve efeito dos antioxidantes adicionados à alimentação dos suínos sobre a estabilidade oxidativa das mortadelas elaboradas com a carne desses animais ($P>0,05$), entretanto, a quantidade de MDA caiu após os 90 dias de armazenamento (Tabela 8).

Tabela 8 - Substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (MDA g/kg) de mortadelas elaboradas com carne de suínos alimentados com rações contendo BHT e EECM armazenadas sob refrigeração a 4 °C por 90 dias.

Dias	Tratamentos (T)				Média	CV ¹	Valor de P		
	Controle	BHT	EECM200	EECM400			T	Dia	TxDia
30	0,612	0,710	0,681	0,679	0,670 ^A	17,16	0,100	<0,0001	0,882
60	0,669	0,677	0,724	0,741	0,703 ^A				
90	0,464	0,548	0,527	0,530	0,517 ^B				
Média	0,582	0,645	0,644	0,650					

¹Coefficiente de variação; ^{A,B} Médias seguidas por letras distintas nas colunas diferem pelo teste SNK a 5% de probabilidade.

Diferentemente do presente estudo, Borges (2009) observou que mortadelas elaboradas com carne de frangos que consumiram dieta contendo BHT, EECM ou extrato etanólico da casca da manga apresentaram melhor controle da oxidação lipídica. Há evidências de que os antioxidantes naturais são capazes de prevenir a oxidação lipídica e proteica em produtos cárneos pré-cozidos (LARA *et al.*, 2011). O alecrim e extrato de chá verde adicionados diretamente na elaboração de salsichas *bologna* foram capazes de reduzir os níveis de TBARS em 73 e 80%, respectivamente (JONGBERG *et al.*, 2013). Entretanto, a ausência de efeitos dos antioxidantes sobre a estabilidade lipídica de produtos cárneos, observada no presente estudo, também é relatada na literatura (SHEARD *et al.*, 2000), visto que outros ingredientes utilizados na elaboração das mortadelas, como o alho e o sal de cura, podem ter efeito sobre a oxidação lipídica das amostras durante o período de armazenamento, evitando a rancidez de produtos cárneos (TERRA, 1998; COSTA *et al.*, 2011; NURWANTORO *et al.*, 2015).

Diferentemente deste estudo, muitos autores evidenciaram o aumento da oxidação lipídica em produtos cárneos armazenados de 21 a 90 dias (BORGES, 2009; PEREIRA *et al.*, 2011; YUNES *et al.*, 2013). O teste de TBARS é utilizado para avaliar a extensão da oxidação lipídica de forma geral, mensurando o malondialdeído (MDA) que reage com o TBA. Entretanto, isso não significa que o valor de TBARS continue a aumentar durante a estocagem dos produtos cárneos, pois o MDA pode não reagir com o TBA devido a sua complexação com proteínas, amins e outros compostos durante o período de armazenamento. (BERTOLIN *et al.*, 2010). Além disso, o malondialdeído ainda pode ser decomposto por alguns tipos de micro-organismos (SMITH; ALFORD, 1968; MOERCK; BALL, 1974) ou oxidado por outros produtos, como álcoois e ácidos que não reagem com o ácido tiobarbitúrico (FERNÁNDEZ; PÉREZ-ÁLVAREZ; FERNÁNDEZ-LÓPEZ, 1997), resultando em menor valor de TBARS, conforme observado neste estudo.

Compostos fenólicos, potencial e atividade antioxidante totais das mortadelas

Mortadelas elaboradas com carne de suínos que consumiram ração adicionada de 400 ppm de EECM apresentaram maiores concentrações de compostos fenólicos totais aos 60 dias de armazenamento em relação aos demais tratamentos (Tabela 9). Já aos 90 dias de armazenamento, os grupos EECM200 e EECM400 apresentaram maiores concentrações de compostos fenólicos totais em relação aos grupos controle e BHT ($P < 0,05$). Apenas o tratamento EECM400 apresentou incremento da quantidade de compostos fenólicos totais de 30 dias para 60 dias de armazenamento ($P < 0,05$).

Tabela 9 - Compostos fenólicos totais ($\mu\text{g EqAG} / \text{g mortadela}$) de mortadelas elaboradas com carne de suínos alimentados com rações contendo BHT e EECM armazenadas sob refrigeração a 4 °C por 90 dias.

Dias	Tratamentos (T)				Média	CV ¹	Valor de P		
	Controle	BHT	EECM200	EECM400			T	Dia	TxDia
30	65,87 ^{aA}	69,58 ^{aA}	62,11 ^{aA}	63,96 ^{aB}	65,38	9,03	<0,0001	0,040	0,0001
60	63,52 ^{bA}	65,36 ^{bA}	70,31 ^{bA}	76,85 ^{aA}	69,01				
90	61,58 ^{bA}	65,33 ^{bA}	70,87 ^{aA}	76,36 ^{aA}	68,54				
Média	63,66	66,76	67,76	72,39					

¹Coeficiente de variação; ^{a,b} Médias seguidas por letras distintas nas linhas diferem pelo teste SNK a 5% de probabilidade; ^{A,B} Médias seguidas por letras distintas nas colunas diferem pelo teste SNK a 5% de probabilidade.

Compostos fenólicos dietéticos são absorvidos pelo trato gastrointestinal de suínos, distribuídos e metabolizados em diversos órgãos e fluídos, incluindo o músculo (BOCK; WALDMANN; TERNES, 2008; AZORIN-ORTUÑO *et al.*, 2011). Portanto, extratos

vegetais adicionados na ração são capazes de aumentar a quantidade de compostos fenólicos totais na carne (JANG *et al.*, 2008) e indiretamente contribuir para o aumento da concentração desses compostos em produtos cárneos. Entretanto, esse aumento da concentração de compostos fenólicos totais não tem correlação direta com os níveis de TBARS, já que outros componentes, como carotenoides, oriundos de outros ingredientes das rações, também podem prevenir a oxidação lipídica em produtos cárneos (ALVAREZ-PARRILLA *et al.*, 2014).

A quantidade de compostos fenólicos totais aumentou a partir do 30º dia de armazenamento ($P < 0,05$) no grupo EECM400. Durante o aquecimento, etapa do processo de fabricação de embutidos, compostos fenólicos de peso molecular elevado podem ser decompostos e liberar formas livres de ácidos gálico e elágico (SOONG; BARLOW, 2004). Da mesma forma, a fermentação que ocorre em embutidos armazenados também é capaz de decompor essas macromoléculas e assim aumentar o conteúdo de compostos fenólicos totais nos produtos (SONG *et al.*, 2014). Dessa forma, pode-se inferir que o aumento do conteúdo de compostos fenólicos totais nas amostras dos grupos EECM200 e EECM400 pode ser devido à ocorrência de reações dessa natureza resultando na formação de novos compostos fenólicos durante o armazenamento, colaborando para o aumento da quantidade e compostos fenólicos.

O potencial antioxidante não diferiu entre os tratamentos ($P > 0,05$), mas houve efeito do tempo de armazenamento, sendo observados maiores percentuais de captura do radical livre DPPH^o aos 60 e 90 dias de armazenamento (Tabela 10).

Tabela 10 - Potencial antioxidante pelo teste de DPPH de mortadelas elaboradas com carne de suínos alimentados com rações contendo BHT e EECM armazenadas sob refrigeração a 4 °C por 90 dias.

Dias	Tratamentos (T)				Média	CV ¹	Valor de P		
	Controle	BHT	EECM200	EECM400			T	Dia	TxDia
30	23,53	25,41	22,45	22,24	23,41 ^B	16,69	0,183	<0,0001	0,277
60	25,14	27,14	27,96	28,71	27,23 ^A				
90	25,47	28,22	30,43	30,62	28,69 ^A				
Média	24,72	26,92	26,95	27,19					

¹Coeficiente de variação; ^{A,B} Médias seguidas por letras distintas nas colunas diferem pelo teste SNK a 5% de probabilidade.

Embora haja uma elevada correlação positiva entre a quantidade de compostos fenólicos totais e o teste DPPH (ALVAREZ-PARRILLA *et al.*, 2014), neste estudo observou-se efeito dos tratamentos para os compostos fenólicos totais, mas não para o percentual de sequestro de radicais livres DPPH. Contudo, observou-se o aumento do potencial antioxidante dos 30 para 60 dias de armazenamento nas mortadelas elaboradas com

carne de animais que consumiram ração contendo ou não antioxidantes. Isto pode ser explicado pelo fato de que a oxidação que ocorre durante o armazenamento conduz à criação de compostos que atuam como sequestrantes de radicais livres (GUILLÉN-SANS; GUZMÁN-CHOZAS, 1998), como a mioglobina pré-oxidada que pode ser responsável pelo aumento da atividade antioxidante no ensaio de DPPH (FASSEAS *et al.*, 2007).

Já a atividade antioxidante total das mortadelas apresentou interação entre tratamento x tempo de armazenamento ($P < 0,05$). Comparativamente houve uma mudança na atividade antioxidante total das amostras dentro dos tratamentos de acordo com o avanço do tempo de armazenamento (Tabela 11). Aos 30 dias observou-se maior atividade antioxidante total nas mortadelas elaboradas com a carne de animais que consumiram ração contendo BHT. Aos 60 dias de armazenamento, as mortadelas formuladas com carne de suínos que consumiram ração adicionada de 400ppm de EECM apresentaram maior atividade antioxidante diferindo daquelas elaboradas com a carne de animais aos quais foi administrada uma menor quantidade de EECM na ração (200 ppm) e a dos que não consumiram ração contendo antioxidantes. Aos 90 dias de armazenamento notou-se que as mortadelas elaboradas a partir da carne de suínos alimentados com ração contendo EECM apresentaram maior atividade antioxidante total quando comparadas àquelas de animais que não receberam antioxidantes. A atividade antioxidante total das mortadelas manteve-se constante durante o período de análise exceto nas mortadelas elaboradas com carne de suínos alimentados com ração contendo BHT, nas quais se observou uma redução da atividade antioxidante total dos 30 aos 60 dias de armazenamento.

Tabela 11 - Atividade antioxidante total de mortadelas elaboradas com carne de suínos alimentados com rações contendo BHT e EECM armazenadas sob refrigeração a 4 °C por 90 dias.

Dias	Tratamentos (T)				Média	CV ¹	Valor de P		
	Controle	BHT	EECM200	EECM400			T	Dia	TxDia
30	21,75 ^{bA}	31,83 ^{aA}	24,31 ^{bA}	24,64 ^{bA}	25,63	16,77	0,0001	0,864	0,0003
60	23,78 ^{bA}	25,55 ^{abB}	23,31 ^{bA}	28,86 ^{aA}	25,37				
90	20,30 ^{bA}	23,88 ^{abB}	28,41 ^{aA}	27,65 ^{aA}	25,06				
Média	21,94	27,08	25,35	27,05					

¹Coeficiente de variação; ^{a,b} Médias seguidas por letras distintas nas linhas diferem pelo teste SNK a 5% de probabilidade; ^{A,B} Médias seguidas por letras distintas nas colunas diferem pelo teste SNK a 5% de probabilidade

Alvarez-Parrilla *et al.* (2014) relataram que o conteúdo de compostos fenólicos pode ser usado como indicador da capacidade antioxidante total *in vitro*, devido à alta correlação existente entre essas variáveis. Assim as mortadelas elaboradas com carne de suínos que consumiram ração adicionada tanto de 200 ppm quanto de 400 ppm de EECM apresentaram maior atividade antioxidante total aos 90 dias de armazenamento, quando comparadas as

formuladas com carne de animais que consumiram ração sem adição de antioxidantes, o que pode ser explicado pelo maior conteúdo de compostos fenólicos totais presentes nas amostras.

CONCLUSÕES

Antioxidantes incorporados à carne por meio da inclusão de EECM na alimentação de suínos resistem ao processamento térmico e embora não afetem o pH, a cor, a estabilidade oxidativa e o potencial antioxidante, eles incrementam o conteúdo de compostos fenólicos totais conferindo aumento da atividade antioxidante total em mortadelas elaboradas com a carne desses animais. Nesse contexto, o EECM utilizado nas rações ao nível de 400 ppm mostrou-se mais efetivo em imprimir essas propriedades no embutido.

AGRADECIMENTOS

À Comissão de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes) pela concessão da bolsa, à Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico pelo apoio financeiro; à Empresa Pole Alimentos e ao seu gerente de produção Sr. José Augusto Stoco; ao Med. Veterinário Fernando Santos Silva.

REFERÊNCIAS

- ALVAREZ-PARRILLA, E.; MERCADO-MERCADO, G.; ROSA, L. A. de la; DÍAZ, J.A.L; WALL-MEDRANO, A.; GONZÁLEZ-AGUILAR, G.A. Antioxidant activity and prevention of pork meat lipid oxidation using traditional Mexican condiments (pasilla dry pepper, achiote, and mole sauce). **Food Science and Technology**, v.34, n.2, p.371-378, 2014.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PROTEÍNA ANIMAL, ABPA. **Relatório Anual de atividades 2014**. ABPA, 2015. Disponível em: <<http://abpa-br.com.br/files/publicacoes/c59411a243d6dab1da8e605be58348ac.pdf>> Acesso em: 10 mar. 2017.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PROTEÍNA ANIMAL, ABPA. **Relatório Anual de atividades 2015**. ABPA, 2016. Disponível em: <http://abpa-br.com.br/storage/files/versao_final_para_envio_digital_1925a_final_abpa_relatorio_anual_2016_portugues_web1.pdf> Acesso em: 10 mar.2017.
- AZORÍN-ORTUÑO, M.; YÁÑEZ-GASCÓN, M.J.; VALLEJO, F.; PALLARÉS, F.J.; LARROSA, M.; LUCAS, R.; MORALES, J.C.; TOMÁS-BARBERÁN, F.A.; GARCÍA-CONESA, M.T.; ESPÍN, J.C. Metabolites and tissue distribution of resveratrol in the pig. **Molecular Nutrition & Food Research**, v.55, n.8, p.1154–1168, 2011.
- BARRETO, J.C.; TREVISAN, M.T.S.; HULL, W.E.; ERBEN, G.; BRITO, E.S. de; PFUNDSTEIN, B.; WURTELE, G.; SPIEGELHALDER, B.; OWEN, R.W. Characterization and quantitation of polyphenolic compounds in bark, kernel, leaves, and peel of mango (*Mangifera indica* L.). **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.56, n.14, p.5599-5610, 2008.
- BERTOLIN, T.E; CENTENARO, A.; GIACOMELLI, B.; GIACOMELLI, F.; COLLA, L.M.; RODRIGUES, V.M. Antioxidantes naturais na prevenção da oxidação lipídica em charque de carne ovina. **Brazilian Journal of Food Technology**, v.13, n.2, p.83-90, 2010.
- BLOIS, M. S. Antioxidant determination by the use of a stable free radical. **Nature**, v.181, p.1199–1200, 1958.
- BOCK, C.; WALDMANN, K.H.; TERNES, W. Mangiferin and hesperidin metabolites are absorbed from the gastrointestinal tract of pigs after oral ingestion of a Cyclopia genistoides (honeybush tea) extract. **Nutrition Research**, v.28, n.12, p.879-891, 2008.
- BORGES, A.da S. **Uso de compostos extraídos da manga (*Mangifera indicus* L.) no controle da oxidação lipídica na carne de frango, em produto cárneo tipo mortadela e ovos de consumo**. 2009. 125f. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza. 2009.
- BRAND-WILLIAMS, W.; CUVELIER, M. E.; BERSET, C. Use of free radical method to evaluate antioxidant activity. **Lebensmittel – Wissenschaft und -Technologie**, v.22, n.1, p.25-30, 1995.
- BRASIL. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento, MAPA. **Instrução normativa nº 4, de 31 de março de 2000**. Aprova os Regulamentos Técnicos de Identidade e Qualidade

de Carne Mecanicamente Separada, de Mortadela, de Linguiça e de Salsicha. Diário Oficial da União, Brasília, 05 abr. 2000. Seção 1, p. 6.

CHENG, J.; WANG, S.; OCKERMAN, H. W. Lipid oxidation and color change of salted pork patties. **Meat Science**, v.75, n.1, p.71-77, 2007.

CHERIAN, G.; SELVARAJ, R.K.; GOEGER, M.P.; STITT, P.A. Muscle Fatty Acid Composition and Thiobarbituric Acid-Reactive Substances of Broilers Fed Different Cultivars of Sorghum. **Poultry Science**, v.81, n.9, p.1415–1420, 2002.

COSTA, M.C.R. da; SILVA, C.A. da; BRIDI, A.M.; FONSECA, N.A.N.; OBA, A.; SILVA, R.A.M.; SILVA, P.A. da; YWAZAKI, M.S.; DALTO, D.B. Estabilidade lipídica do pernil e da linguiça frescal de suínos tratados com dietas com alta concentração de ácido fítico. **Semina: Ciências Agrárias**, v.32, sup.1, p.1863-1872, 2011.

FARIA, J.A.F.; FELÍCIO, P.E.; NEVES, M.A.; ROMANO, M.A. Formação e Estabilidade da Cor de Produtos Cárneos Curados. **Revista Tec Carnes**, Campinas, v.3, n.2, p.16-22, 2001.

FASSEAS, M.K.; MOUNTZOURIS, K.C.; TARANTILIS, P.A.; POLISSIOU, M.; ZERVAS, G. Antioxidant activity in meat treated with oregano and sage essential oils. **Food Chemistry**, v.106, p.1188–1194, 2007.

FERNÁNDEZ, J.; PÉREZ-ÁLVAREZ, J. A.; FERNÁNDEZ-LÓPEZ, J. A. Thiobarbituric acid test for monitoring lipid oxidation in meat. **Food Chemistry**, Oxford, v.59, n.3, p.345-353, 1997.

FOLIN, C.; CIOCALTEU, V. Tyrosine and tryptophan determination in proteins. **The Journal of Biological Chemistry**, v.73, n.2, p.627-650, 1927.

FRANCO, B.D.G.M.; LANDGRAF, M. **Microbiologia dos alimentos**. São Paulo: Editora Atheneu, 2008. 93-98 p.

FREITAS, E.R.; BORGES, A. da S.; PEREIRA, A.L.F.; ABREU, V.K.G.; TREVISAN, M.T.S.; WATANABE, P.H. Effect of dietary ethanol extracts of mango (*Mangifera indica* L.) on lipid oxidation and the color of chicken meat during frozen storage. **Poultry Science**, v.94, p.2989–2995, 2015.

GUILHERME, C. A.; SANTOS, L. H. M. dos; BECHER, L.; STREMEL, P. I. Alterações bioquímicas na cor da carne. In: **Anais...** Semana de tecnologia em alimentos, 6 - Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR Campus Ponta Grossa, v.2, n.29, 2008.

GUILLÉN-SANS, R.; GUZMÁN-CHOZAS, M. The thiobarbituric acid (TBA) reaction in foods: a review. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v.38, n.4, p.315–330, 1998.

JANG, A.; LIU, X.-D.; SHIN, M.-H.; LEE, B.-D.; LEE, S.-K.; LEE, J.H.; JO, C. Antioxidative Potential of Raw Breast Meat from Broiler Chicks Fed a Dietary Medicinal Herb Extract Mix. **Poultry Science**, v.87, n.11, p.2382–2389, 2008.

JONGBERG, S.; TORNGREN, M.A.; GUNVIG, A.; SKIBSTED, L.H.; LUND, M.N. Effect of green tea or rosemary extract on protein oxidation in Bologna type sausages prepared from oxidatively stressed pork. **Meat Science**, v.93, p.538–546, 2013.

KURCUBIC, V.S.; MASKOVIC, P.Z.; VUJIC, J.M.; VRANIC, D.V.; VESKOVIC-MORACANIN, S.M.; OKANOVIC, D.G.; LILIC, S.V. Antioxidant and antimicrobial activity of *Kitaibelia vitifolia* extract as alternative to the added nitrite in fermented dry sausage. **Meat Science**, v.97, p.459–467, 2014.

LARA, M.S.; GUTIERREZ, J.I.; TIMÓN, M.; ANDRÉS, A.I. Evaluation of two natural extracts (*Rosmarinus officinalis* L. and *Melissa officinalis* L.) as antioxidants in cooked pork patties packed in MAP. **Meat Science**, v.88, p.481–488, 2011.

LUDTKE, C.B.; CIOCCA, J.R.P.; DANDIN, T.; BARBALHO, P.C.; VILELA, J.A.; COSTA, O.A.D. **Abate humanitário de suínos**. Rio de Janeiro: WSPA, 2010. 132p.

MOERCK, K.E.; BALL, H.R. Lipid oxidation in mechanically deboned chicken meat. **Journal of Food Science**, v.39, p.876-879, 1974.

MUELLER-HARVEY, I. Analysis of hydrolysable tannins - a review. **Animal Feed Science Technology**, v.91, n.1-2, p.3-20, 2001.

NASCIMENTO, M.S.; MORENO, I.; KUAYE, A.Y. Bacteriocinas em alimentos: uma revisão. **Brazilian Journal of Food Technology**, v.11, n.2, p.120-127, 2008.

NURWANTORO; BINTORO, V.P.; LEGOWO, A.M.; PURNOMOADI, A.; SETIANI, B.E. Garlic Antioxidant (*Allium sativum* L.) to Prevent Meat Rancidity. **Procedia Food Science**, v.3, p.137–141, 2015.

O'GRADY, M.N.; MONAHAN, F.J.; BAILEY, J.; ALLEN, P.; BUCKLEY, D.J.; KEANE, M.G. Colour-stabilizing effect of muscle vitamin E in minced beef stored in high oxygen packs. **Meat Science**, v.50, p.73-80, 2000.

OLIVO, R.; SHIMOKOMAKI, M. Carne PSE me aves. In: SHIMOKOMAKI, et al. **Atualidades em Ciência e Tecnologia de Carnes**. São Paulo: Varela, 2006. Cap.9, p. 95-104.

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

PEREIRA, A.L.F.; VIDAL, T.F.; TEIXEIRA, M.C.; OLIVEIRA, P. de F.; VIEIRA, M.M.M.; ZAPATA, J.F.F.; POMPEU, R.D.F.F.; FREITAS, E.R. Estabilidade oxidativa de mortadelas contendo extrato da casca da manga (*Mangifera indica* L.). **Brazilian Journal of Food Technology**, v.13, n.4, p.293-298, 2010.

PEREIRA, A.L.F.; VIDAL, T.F.; TEIXEIRA, M.C.; OLIVEIRA, P.F.de; POMPEU, R.C.F.F.; VIEIRA, M.M.M.; ZAPATA, J.F.F. Antioxidant effect of mango seed extract and butylated hydroxytoluene in bologna-type mortadella during storage **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.31, n.1, p.135-140, 2011.

QUINDE-AXTELL, Z.; BAIK, B. K. Phenolic compounds of barley grain and their implication in food product discoloration. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.27, n.26, p.9978-9984, 2006.

RE, R.; PELLEGRINI, N.; PROTEGGENTE, A.; PANNALA, A.; YANG, M. RICE-EVANS, C. Antioxidant activity applying an improved ABTS^{o+} radical cation decolorization assay. **Free Radical Biology and Medicine**, v.26, n.9-10, p.1231-1237, 1999.

RIBEIRO, S.M.R.; BARBOSA, L.C.A.; QUEIROZ, J.H.; KNODLER, M.; SCHIEBER, A. Phenolic compounds and antioxidant capacity of Brazilian mango (*Mangifera indica* L.) varieties. **Food Chemistry**, v.110, n.3, p.620-626, 2008.

ROSSI, R.; RATTI, S.; PASTORELLI, G.; CROTTI, A.; CORINO, C. The effect of dietary vitamin E and verbascoside on meat quality and oxidative stability of *Longissimus dorsi* muscle in medium-heavy pigs. **Food Research International**, v.65, Part A, p.88-94, 2014.

ROSTAGNO, H.S. ALBINO, L.F.T.; DONZELE, J.L.; GOMES, P.C.; OLIVEIRA, R.F.; LOPES, D.C.; FERREIRA, A.S.; BARRETO, L.S.T. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: Composição de alimentos e exigências nutricionais**. 3ed., Viçosa: UFV/DZO, 2011. 252p.

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^{o+}. **Embrapa Agroindústria Tropical: Comunicado técnico**, v.128, 2007. 4p.

SHEARD, P.R.; ENSER, M.; WOOD, J.D.; NUTE, G.R.; GILL, B.P.; RICHARDSON, R.I. Shelf life and quality of pork products with raised n-3 PUFA. **Meat Science**, v.55, n.2, p.213-221, 2000.

SINGLETON, V.; ORTHOFER, R.; LAMUELA-RAVENTOS, R.M. Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of Folin-Ciocalteu reagent. **Methods in Enzymology**, v.299, p.152-175, 1999.

SMITH, J. L.; ALFORD, J. A. Action of microorganisms on the peroxides and carbonyls of rancid fat. **Journal of Food Science**, v.33, n.1, p.93-97, 1968.

SOARES, S.E. Ácidos fenólicos como antioxidantes. **Revista de Nutrição**, v.15, n.1, p.3-16, 2002.

SONG, E.-Y.; PYUN, C.-W.; HONG, G.-E.; LIM, K.-W.; LEE, C.-H. Antioxidant Effect of *Allium hookery* in Fermented Sausage. **Korean Journal Food Science Animal**, v.34, n.3, 2014.

SOONG, Y.-Y.; BARLOW, P.J. Antioxidant activity and phenolic content of selected fruit seeds. **Food Chemistry**, v.88, n.3, p.411-417, 2004.

STEPANIC, V.; TROSELJ, K.G.; LUCIC, B.; MARKOVIC, Z.; AMIC, D. Bond dissociation free energy as general parameter for flavonoid radical scavenging activity. **Food Chemistry**, v.141, n.2, p.1562-1579, 2013.

TERRA, N.N. **Apontamentos Sobre Tecnologia de Carnes**. São Leopoldo: Editora UNISINOS, 1998. 216 p.

VITORIA, J.C. **Avaliação sensorial da diferença de mortadela de frango produzida com carne PSE (*Pale, Soft, Exudative*)**. 2014. 47 p. Monografia (Graduação em Tecnologia de Alimentos) - Curso Superior de Tecnologia em Alimentos, Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, Campo Mourão. 2014.

WITSCHI, H.P. Enhanced tumor development by butylated hydroxytoluene (BHT) in the liver, lung and gastro-intestinal tract. **Food Chemical and Toxicology**, v.24, n.10/11, p.1127-1130, 1986.

WURTZEN, G. Scientific evaluation of the safety factor for the acceptable daily intake. Case study: butylated hydroxyanisole (BHA). **Food Additives and Contaminants**, v.10, n.3, p.307-314, 1993.

YUNES, J.F.F.; CAVALHEIRO, C.P.; MILANI, L.I.G.; SCHEEREN, M.B.; BLAZQUEZ, F.J.H.; BALLUS, C.A.; FRIES, L.L.M.; TERRA, N.N. Efeito da substituição da gordura suína por óleos vegetais nas características de qualidade, estabilidade oxidativa e microestrutura de mortadela. **Semina: Ciências Agrárias**, v.34, n.3, p.1205-1216, 2013.

ZHANG, C.; LUO, J.; YU, B.; ZHENG, P.; HUANG, Z.; MAO, X.; HE, J.; YU, J.; CHEN, J.; CHEN, D. Dietary resveratrol supplementation improves meat quality of finishing pigs through changing muscle fiber characteristics and antioxidative status. **Meat Science**, v.102, p.15–21, 2015.



O extrato etanólico do caroço da manga pode ser utilizado com segurança na alimentação de suínos como fonte de antioxidantes, e seu possível efeito palatabilizante deve ser melhor estudado, para ser aproveitado em ocasiões nas quais seja desejável estimular ou maximizar o consumo de ração, como no período pós-desmame de leitões e em porcas durante a lactação.

Diante dos efeitos positivos observados sobre a atividade antioxidante no soro dos animais, pesquisas poderão ser conduzidas com o objetivo de identificar os metabólitos gerados *in vivo* após a administração do EECM, bem como avaliar se esses efeitos benéficos se estendem a situações de estresse oxidativo induzido por desafios sanitários e/ou ambientais.

Com a possibilidade de incorporação de componentes antioxidantes à carne de animais por meio da alimentação, a adição de antioxidantes exógenos na elaboração de produtos cárneos pode tornar-se prescindível.

Além disso, tanto o extrato hexânico gerado durante a obtenção do extrato etanólico do caroço da manga, quanto o material remanescente têm aplicação na alimentação animal, como fonte lipídica e de fibras respectivamente.

Portanto, o produto em questão inspira a possibilidade de ser usado em escala comercial, tendo em vista tanto a inserção de produto de origem natural em substituição a antioxidantes sintéticos, como a redução de resíduos nas indústrias que possuem a manga como matéria-prima.



www.editorainvivo.com

Avance na ciência! Venha ser In Vivo!