

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE CIÊNCIAS RURAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA
DOS ALIMENTOS**

**Qualidade da Carne Suína: Efeito da Inclusão de Óleo de Linhaça
e Bagaço de Uva na Dieta**

TESE DE DOUTORADO

Francielle Trombetta

Santa Maria, RS, Brasil
2019

Qualidade da Carne Suína: Efeito da Inclusão de Óleo de Linhaça e Bagaço de Uva na Dieta

Francielle Trombetta

Tese apresentada ao Curso de Doutorado do Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia dos Alimentos, Área de Concentração em Qualidade de Alimentos ou Ciência e Tecnologia de Carnes e Derivados, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para a obtenção do grau de

Doutor em Ciência e Tecnologia dos Alimentos.

Orientador: Prof. Dr. José Laerte Nörnberg
Co-orientador: Prof. Dr. Adriano Garcia Rosado Júnior

Santa Maria, RS, Brasil
2019

Trombetta, Francielle

Qualidade da Carne Suína: Efeito da Inclusão de Óleo de Linhaça e Bagaço de Uva na Dieta / Francielle Trombetta.- 2019.

82 p.; 30 cm

Orientador: José Laerte Nörnberg

Coorientador: Adriano Garcia Rosado Júnior

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Ciências Rurais, Programa de Pós Graduação em Ciência e Tecnologia dos Alimentos, RS, 2019

1. Carne Suína 2. Óleo de linhaça 3. Bagaço de uva 4. Qualidade da Carne 5. Vida de Prateleira I. Nörnberg, José Laerte II. Rosado Júnior, Adriano Garcia III. Título.

Sistema de geração automática de ficha catalográfica da UFSM. Dados fornecidos pelo autor(a). Sob supervisão da Direção da Divisão de Processos Técnicos da Biblioteca Central. Bibliotecária responsável Paula Schoenfeldt Patta CRB 10/1728.

Declaro, FRANCIELLE TROMBETTA, para os devidos fins e sob as penas da lei, que a pesquisa constante neste trabalho de conclusão de curso (Tese) foi por mim elaborada e que as informações necessárias objeto de consulta em literatura e outras fontes estão devidamente referenciadas. Declaro, ainda, que este trabalho ou parte dele não foi apresentado anteriormente para obtenção de qualquer outro grau acadêmico, estando ciente de que a inveracidade da presente declaração poderá resultar na anulação da titulação pela Universidade, entre outras consequências legais.

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE CIÊNCIAS RURAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E
TECNOLOGIA DOS ALIMENTOS**

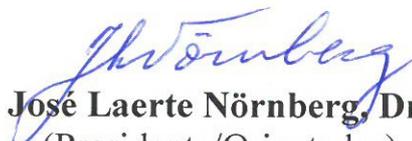
A Comissão Examinadora, abaixo assinada, aprova a Tese de Doutorado

**Qualidade da Carne Suína: Efeito da Inclusão de Óleo de
Linhaça e Bagaço de Uva na Dieta**

Elaborada por
Francielle Trombetta

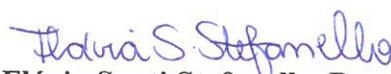
Como requisito parcial para a obtenção do grau de
Doutor em Ciência e Tecnologia dos Alimentos

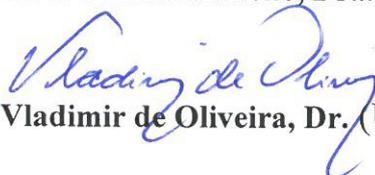
COMISSÃO EXAMINADORA


José Laerte Nörnberg, Dr.
(Presidente/Orientador)


Tatiana Emanuelli, Dra. (UFSM)


Ana Paula Burin Fruet, Dra. (SEAPDR)


Flávia Santi Stefanello, Dra. (PMNP)


Vladimir de Oliveira, Dr. (UFSM)

Santa Maria, 20 de dezembro de 2019.

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE CIÊNCIAS RURAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA
DOS ALIMENTOS**

A Comissão Examinadora, abaixo assinada, aprova a Tese de Doutorado

**Qualidade da Carne Suína: Efeito da Inclusão de Óleo de Linhaça
e Bagaço de Uva na Dieta**

Elaborada por
Francielle Trombetta

Como requisito parcial para a obtenção do grau de
Doutor em Ciência e Tecnologia dos Alimentos

COMISSÃO EXAMINADORA

José Laerte Nörnberg, Dr.
(Presidente/Orientador)

Tatiana Emanuelli, Dra. (UFSM)

Ana Paula Burin Fruet, Dra. (SEAPDR)

Flávia Santi Stefanello, Dra. (PMNP)

Vladimir de Oliveira, Dr. (UFSM)

Santa Maria, 20 de dezembro de 2019.

*Aos meus pais, Carlos e Cleusa, meus
exemplos, pelo incentivo, amor e
apoio incondicional durante todos
esses anos.*

Ao Daniel meu marido, por me apoiar com seu amor, carinho, amizade, atenção e muita paciência.

Ao nosso filho já muito amado.

AGRADECIMENTOS

A Agradeço a Deus, por sempre atender meus pedidos, e estar presente em todos os momentos de minha vida fazendo com que eu tenha persistência.

Ao meu orientador e amigo, Prof^o. Dr. José Laerte Nörnberg, pela oportunidade de fazer o doutorado, pela confiança depositada cegamente em mim, por seus ensinamentos e conselhos valiosos que levarei sempre comigo, pelo exemplo de pessoa, competência profissional, caráter, humildade, amizade e especialmente pela paciência, é para mim um exemplo no qual me espelho. Minha gratidão e todo o meu respeito.

Ao Prof. Dr. Adriano Rosado Junior pelo suporte prático, auxílio no decorrer deste trabalho e principalmente pelo exemplo de pessoa, é um grande profissional.

Aos meus pais, Carlos e Cleusa que são a minha base, meus exemplos, por acreditar sempre em meus sonhos, sei que muitos dos seus sonhos foram sacrificados em prol dos meus, por me darem muito amor, carinho, segurança, palavras de incentivo e principalmente apoio incondicional sempre em toda a minha vida. Amo muito vocês.

Ao Mario, Zete, João, Elis e Mario Augusto que se tonaram minha segunda família, pelo carinho, incentivo, torcida, ajuda. Muito Obrigada!!

Ao meu amor, Daniel, agradeço pelo companheirismo, pelo apoio, incentivo, dedicação, paciência em todos os momentos e principalmente pelo amor e carinho. Te amo e muito obrigada!

Ao nosso filho que fez toda a tese com a mamãe, muito amado e esperado por nós.

A Ana Paula, minha amiga do coração, agradeço pela amizade, esta que levarei sempre para o resto da vida, por toda a aprendizagem, pelo companheirismo, dedicação, incentivo, otimismo, bom humor, por estar incansavelmente ao meu lado durante a realização deste trabalho, quero que saiba que é muito bom trabalhar com você e pode contar comigo sempre, tenha certeza que sem teu apoio não seria possível a realização deste trabalho. Obrigada ANA, minha eterna gratidão!!

As minhas amigas e colegas Flávia e Patrícia nos tornamos uma família junto com a Ana, levo vocês no meu coração. Sou privilegiada por ter vocês em minha vida. Muito obrigada por tornarem este período tão prazeroso, leve e feliz, pelas risadas, companheirismo, com muito chimarrão, café com chocolate, comida, por estarem sempre disponível para me ajudar e pelas pernoites em Camobi, ensinamentos, dicas, ajuda e muito, muito trabalho em equipe. Meu muito Obrigado!

Aos meus colegas de laboratório NIDAL, Magda Monego, Diego de Oliveira, Luciano Ritt, Gustavo Argenta, Alice Dalfolo pela convivência, ensinamentos, auxílio ou simplesmente pelos mates, cafés com chocolate, conversas, risadas e vibrações com as conquistas. E a todos os colegas que passaram pelo NIDAL durante minha trajetória, obrigada pela convivência e tolerância diária.

À Universidade Federal de Santa Maria e ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia dos Alimentos, pela oportunidade e oferta de ensino de qualidade.

Aos professores do programa de pós-graduação que contribuíram para minha formação.

A CAPES e a FAPERGS, que garantiram o sustento financeiro necessário à realização deste trabalho.

A todos que de alguma maneira me ajudaram na realização deste trabalho, quero agradecer e compartilhar esta vitória. MUITO OBRIGADO!!

“Um dia de cada vez, que é para não perder as boas surpresas da vida.”

Clarice Lispector

RESUMO

Tese de Doutorado
Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia dos Alimentos
Universidade Federal de Santa Maria

Qualidade da Carne Suína: Efeito da Inclusão de Óleo de Linhaça e Bagaço de Uva na Dieta

AUTORA: Francielle Trombetta
ORIENTADOR: Jose Laerte Nornberg
CO-ORIENTADOR: Adriano Garcia Rosado Júnior
Local e Data de Defesa: Santa Maria-RS, 20 de dezembro de 2019.

A inclusão de produtos naturais com ação antioxidante na ração animal, assim como o uso de diferentes fontes lipídicas, especialmente de ácidos graxos poli-insaturados n-3 (AGPI n-3), são estratégias nutricionais que vêm sendo estudadas para incorporar estes compostos na carne. A presença de n-3 em carnes tem como principal finalidade promover o apelo fisiológico-funcional destes ácidos graxos, ao passo que a presença de antioxidantes naturais pode resultar em efeitos positivos na vida de prateleira do produto, além de contribuir para uma conotação mais saudável. Assim, o objetivo deste estudo foi avaliar o efeito da inclusão na dieta de óleo de linhaça (fonte de ácidos graxos n-3) e de bagaço de uva (fonte antioxidante) no ganho de peso, características da carcaça, qualidade e vida de prateleira da carne de suínos. Um total de 44 animais, filhos de matrizes da linhagem F1 (50% Large White x 50% Landrace) com cachão da linhagem Embrapa MS115, com peso corporal médio de 48,6 kg, foram distribuídos aleatoriamente em quatro tratamentos com 11 animais por tratamento (4 machos e 4 fêmeas), foram criados até o peso de abate (120kg), com fornecimento de alimento e água à vontade e controle semanal do peso corporal. Os tratamentos consistiram das seguintes dietas: controle a base de farelo de soja e milho (CONT); com adição de 3% de óleo de linhaça (3%OL); com 3% de óleo de linhaça e 3,5% de silagem de bagaço de uva em base seca (3,5%SBU); e dieta com 3% de óleo de linhaça e 7,0% de silagem de bagaço de uva em base seca (7%SBU). Durante o procedimento de abate, foi registrado o peso da carcaça quente e fria, o pH foi medido 45 minutos e 24 horas após a morte no músculo *Longissimus thoracis e lumborum* (LTL). Avalio-se após 24 horas visuais da cor e do marmoreio do músculo, área do olho lombo, espessura da gordura dorsal foi mensurada no nível da primeira costela, última costela, última vértebra lombar e seção transversal de meia carcaça entre a 11ª e a 12ª costelas, utilizando um paquímetro digital e a perda de gotejamento. O músculo LTL foi analisado 24 horas após o abate através da composição química, perfil de ácidos graxos, perda por cocção, perfil de textura, atividade de água, pH, coloração, estabilidade oxidativa e proteica, como também análise sensorial, além da aceitabilidade dos produtos ao longo de sua vida de prateleira por 12 dias de armazenamento sob refrigeração a 4°C. A inclusão de OL e SBU na dieta dos suínos não afetou o ganho de peso, gerou um produto final com maior valor nutricional (aumento da proporção de ácidos graxos poli-insaturados/ácidos graxos saturados (AGPI/AGS) e redução da relação n-6/n-3, sem afetar os parâmetros sensoriais. A inclusão durante o armazenamento sob condições comerciais de refrigeração (4°C) de SBU ao nível de 7% resultou em carne com similar estabilidade lipídica à dieta controle. Portanto, a adição do OL e da SBU na dieta de suínos pode ser adotada como uma estratégia para melhorar o perfil de ácidos graxos da

carne e produtos derivados, o 7%SBU evitou o aumento da oxidação lipídica causado pela incorporação do OL na dieta. Ao mesmo tempo, o emprego de bagaço de uva na dieta de terminação de suínos, mostrou ser uma alternativa para reciclagem deste resíduo que apresenta elevado potencial de contaminação ambiental.

Palavras chave: antioxidante, ômega 3, oxidação lipídica, vida de prateleira.

Quality of Pork Meat: Effect of Including Linseed Oil and Grape Pomace in the Diet

Author: Francielle Trombetta

Adviser: José Laerte Nörnberg

Co-Adviser: Adriano Garcia Rosado Júnior

Place and date: Santa Maria, December, 20th, 2019.

The inclusion of natural products with antioxidant action in the animal feed, as well as the use of different lipid sources, especially n-3 polyunsaturated fatty acids (n-3 PUFA), are nutritional strategies that have been studied to incorporate these compounds into the effect. The presence of n-3 in meat is intended to promote the physiological-functional appeal of these fatty acids, while the presence of natural antioxidants can result in positive effects on the shelf life of the product, as well as promoting a healthier connotation. Thus, the objective of this study was to evaluate the effect of inclusion in the diet of linseed oil (n-3 fatty acid source) and grape pomace (antioxidant source) on weight gain, carcass characteristics, shelf life and shelf life of pork meat. A total of 44 animals from F1 (50% Large White x 50% Landrace) breeders with an Embrapa MS115 clown with an average body weight of 48.6 kg were randomly assigned to four treatments with 11 animals per treatment (4 machos and 4 Females), were raised to slaughter weight (120kg), with free food and water supply and weekly body weight control. The treatments consisted of the following diets: soybean meal control (CONT); with the addition of 3% linseed oil (3% OL); with 3% linseed oil and 3.5% dry grape pomace silage (3.5% SBU); and diet with 3% linseed oil and 7.0% of grape pomace silage on dry basis (7% SBU). During the slaughter procedure, the weight of the hot and cold carcass was recorded, the pH was measured 45 minutes and 24 hours after death in the *Longissimus thoracis and lumborum* (LTL) muscle, between the 11th and 12th ribs of the left half carcasses. Visual assessments of muscle color and marbling, loin eye area, dorsal fat thickness were measured at the level of the first rib, last rib, last lumbar vertebra and half-carcass cross-section between the 11th and 12th ribs using a caliper and drip loss. The LTL muscle was analyzed 24 hours after slaughter by chemical composition, fatty acid profile, cooking loss, texture profile, water activity, pH, coloration, oxidative and protein stability, as well as the acceptability of the products throughout its slaughter. Shelf life for 12 days of vacuum packed storage under refrigeration at 4 ° C, as well as sensory analysis. The inclusion of OL and SBU in the pig diet did not affect weight gain, generated a final product with higher nutritional value (increased proportion of polyunsaturated fatty acids / saturated fatty acids (AGPI / AGS) and reduction of n-ratio). 6 / n-3, without affecting the sensory parameters. As for the shelf-life of pork during storage under commercial refrigeration conditions (4°C), the inclusion of SBU at 7% resulted in meat with similar lipid stability to the control diet. Therefore, the addition of OL and SBU to the pig diet can be adopted as a strategy to improve the fatty acid profile of meat and meat products, with oxidative stability similar to meat of pigs fed diets without lipid source. At the same time, the use of grape pomace in the pig finishing diet proved to be an alternative for recycling this residue that presents high potential for environmental contamination.

Key-words: antioxidant, omega 3, lipid oxidation, shelf life.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

REVISÃO DE LITERATURA

FIGURA 1 – Estrutura do ômega 6(a) e do ômega (b).....	55
FIGURA 2 – Competição metabólica entre as séries ω -6 e ω -3.....	57

LISTA DE TABELAS

MANUSCRITO 1

TABELA 1 – Ingredients, composition of experimental diets, centesimal composition, fatty acids profile and phenolic compounds.....	80
TABELA 2 - Weight Gain and carcass characteristics of pigs feed experimental diets.....	81
TABELA 3 - Cholesterol, water-holding capacity, centesimal composition and meat quality assessment in Longissimus thoracis muscle of swine fed with the diets experimental.....	82
TABELA 4 - Fatty acids profile, quantified in mg/g of FAME, from swine fed with the diets experimental.....	82
TABELA 5 - Sensory evaluation of <i>longissimus thoracis</i> muscle from swine fed with the diets experimental.....	83

MANUSCRITO 2

TABELA 1 - Ingredientes (g/kg), composição das dietas experimentais.....	101
TABELA 2 - Perfil de ácidos graxos da gordura do músculo LTL de suínos terminados com diferentes dietas experimentais.....	102
TABELA 3 - Espécies reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARs) em mg de MDA/Kg, proteína carbonilada (nmol/mg) avaliados no musculo Longissimus thoracis et lumborum armazenado por 12 dias sob refrigeração a 4°C de suínos alimentados com dietas experimentais.....	102
TABELA 4 - Parâmetros de cor instrumental (a*, C*, H*), do musculo <i>Longissimus thoracis et lumborum</i> armazenado por 12 dias sob refrigeração a 4°C de suínos alimentados com dietas experimentais.....	102
TABELA 5 - Parâmetros de cor instrumental (L*, b*) e valor de pH do musculo <i>Longissimus thoracis et lumborum</i> armazenado por 12 dias sob refrigerado em 4°C de suínos alimentados com dietas experimentais.....	103

LISTA DE ABREVIATURAS

OL: Óleo de Linhaça
SBU: Silagem de Bagaço de uva
BU: Bagaço de uva
AG: ácido Graxo
AGPI: Ácido Graxo Poli-insaturado
AGMI: Ácido Graxo Monoinsaturado
AGI: Ácido Graxo Insaturado
AGS: Ácido Graxo Saturado
n-3: Ômega 3
n-6: Ômega 6
AA: Ácido Araquidônico
EPA: Eicosapentaenoico
DHA: Docosaheptaenóico
LTL: Longissimus Thoracis e Lumborum
LT: Longissimus Thoracis
TBARS: Substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico
MDA: Malonaldeído
R•: Radical
ROO•: Radical peróxido
EROs: Espécies reativas de oxigênio
BHA: Butil-hidroxi-anisol
BHT: Butil-hidroxi-tolueno
TBHQ: Terc-butil-hidroquinona
LO: linseed oil
EGP: Ensiled Grape Pomace
PUFA: Polyunsaturated Fatty Acids
SFA: Saturated Fatty Acids
FA: Fatty Acids
DM: Dry Matter
ADG: Average daily Gain
LT: Longissimus Thoracis
CCW: Cold Carcass Weight
CCY: Cold Carcass Yield
LEA: Loin Eye Area
BFT: Backfat Thickness
LLV: Last Lumbar Vertebrae
FAME: Fatty Acids Methyl Esters
GC: Gas Chromatograph
CL: Cooking Loss
WBSF: Warner-Bratzler Shear Force
TEP: 1,1,3,3-tetraethoxypropane
TBARS: Thiobarbituric Acid Reactive Substances
MDA: Malondialdehyde
L*: Lightness
a*: Redness
B*: Yellowness
H*: Hue Angle

C*: Saturation
MS: matéria seca
MUFA: mono-unsaturated fatty acids
PB: Proteína Bruta
MM: Matéria Mineral
FDNc: Fibras em Detergente Neutro corrigida pro Cinzas
EE: Extrato Etéreo
GC: Cromatógrafo a Gás
L*: Luminosidade
a*: Intensidade de Vermelho
b*: Intensidade de Amarelo
H*: Ângulo de Tonalidade
C*: Saturação

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	50
1.1 Objetivo geral	51
1.2 Objetivos específicos	51
2. REVISÃO DE LITERATURA	52
1. Características de carne suína.....	5 Erro! Indicador não definido.
2. Ácidos Graxos	54
3. Óleo de Linhaça.....	59
4. Oxidação Lipídica.....	62
5. Bagaço de uva	64
3. DESENVOLVIMENTO	67
3.1 MANUSCRITO 1	67
1. Introduction	69
2. Materials and methods.....	69
3. Results and discussion	73
4. Conclusion	75
5. References	76
3.2 MANUSCRITO 2	84
1. Introduction	Erro! Indicador não definido.
2. Material and Methods.....	Erro! Indicador não definido.
3. Results	Erro! Indicador não definido.
4. Discussion.....	Erro! Indicador não definido.
5. Conclusions	Erro! Indicador não definido.
6. References	95
4. CONSIDERAÇÕES FINAIS	101
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	102

1. INTRODUÇÃO

A busca por alimentos mais saudáveis ou com características sensoriais diferenciadas tem levado ao estudo de alternativas para modificar a composição de ácidos graxos (AG) das gorduras animais, visando especialmente o aumento do conteúdo de AGPI e AG n-3 (BERTOL et al., 2013). Os AGPI, em especial da família ômega 3 (n-3) têm demonstrado efeitos benéficos para a saúde humana, em nível cardiovascular, por suas propriedades anti-inflamatórias, antitrombóticas, desenvolvimento do cérebro e imunossupressoras (SIMOPOULOS, 2008).

A composição em AG da carne obtida de animais monogástricos é, em grande parte, reflexo da dieta e respectivo perfil de ácidos graxos nela contida. No caso da carne suína, a participação dos AGPI nos triglicérides pode variar entre 7 e 15 % (GANDEMER, 1999; MOUROT; LEBRET, 2009). Sabe-se também que a carne suína é a carne mais consumida no mundo, representando mais de 36% da ingestão mundial de carne (FAO, 2019). Neste contexto, Bertol et al. (2013) observaram que o AG C18:3 (linolênico) elevou-se na gordura do músculo *Longissimus dorsi* e no toucinho dos suínos suplementados com uma mistura de óleos de canola + linhaça, em relação aos suínos alimentados com dieta contendo óleo de soja, além de reduzir a relação n-6/n-3. O óleo de linhaça, uma alternativa comercial potencial como fonte de n-3, pois ele possui altas concentrações de α -linolênico, precursor dos demais AG da família n-3 (NHUYEN et al., 2004; TACO, 2011).

Entretanto, a medida que aumenta a participação dos AGPI na carne, piora a estabilidade oxidativa no pós-abate, pois esses ácidos graxos pilinsaturados são mais suscetíveis à oxidação (CAVA et al., 1999; DAMODARAN et al., 2010; DECKER et al., 2012). Com o propósito de aumentar a estabilidade oxidativa, antioxidantes são empregados em produtos alimentícios que contêm gorduras e óleos para prevenir ou retardar o desenvolvimento da rancidez oxidativa, responsável pela deterioração desses produtos. A oxidação de lipídeos formando hidroperóxidos pode causar a cor, odor e aroma indesejáveis, que uma vez iniciados podem progredir em taxas exponenciais, dependendo de fatores ambientais como temperatura, composição atmosférica, luz, etc. (HRAS et al., 2002; LOULI et al., 2004; LEGOYNIE et al., 2012).

O bagaço de uva é um resíduo da indústria vinícola, originado após a extração do mosto, resultando em 25 a 30% do peso de toda a uva processada (DJILAS, et al., 2009). Atualmente é um material para o qual os produtores precisam encontrar uma destinação

adequada para evitar problemas ambientais, sendo utilizado basicamente como adubo orgânico nas propriedades rurais (YU; AHMEDNA, 2013). Além disso, o destino dado a esses resíduos, tal como é feito, causa um déficit econômico na cadeia produtiva, uma vez que muitos deles são ricos em compostos bioativos, alguns capazes de combater danos oxidativos causados por radicais livres, como os antioxidantes – substâncias de elevado valor comercial (BALASUNDRAM et al., 2006; GONZÁLEZ-CENTENO et al., 2014; SANT' ANNA et al., 2014).

Os antioxidantes podem ser sintéticos ou naturais. Os antioxidantes não impedem a rancificação oxidativa, apenas retardam. Além disso, existem limites para o seu uso pela legislação brasileira (em torno de 0,02 %) em relação à quantidade de óleo ou gordura presente no alimento. Também é preciso considerar que devido à crescente corrente naturalista, há rejeição à utilização de antioxidantes artificiais. Atualmente há preferência a utilização de antioxidantes naturais como os tocoferóis e os extratos de plantas (ZHENC; WANG, 2002; LOULI et al., 2004). Desta forma, como os AGPI são importantes para todas as células do corpo humano, pois exercem funções essenciais ao organismo (SALDANHA; GONZALES, 2012), mas susceptível a oxidação lipídica que pode ser evitada com a ação antioxidante do bagaço de uva, então, incluir nas dietas de suínos, óleo de linhaça rico em AG n-3 e bagaço de uva para prevenir a oxidação lipídica, poderá ser uma alternativa para aumentar o valor nutricional da carne suína e seus produtos, sem prejuízo na estabilidade oxidativa, podendo trazer ao mercado um produto funcional e/ou nutracêutico, além de possibilitar um destino nobre a esse resíduo agroindustrial.

Objetivo geral

- Avaliar os efeitos da inclusão do óleo de linhaça (como fonte de ácidos graxos poli-insaturados n-3) e do bagaço de uva (como fonte de antioxidantes) em dietas de crescimento e terminação de suínos, sobre o desempenho do animal, qualidade e estabilidade da carne produzida.

1.1 Objetivos específicos

- Avaliar o efeito da inclusão de óleo de linhaça ao nível de 3% sem e com bagaço de uva nos níveis de 3,5 e 7,0% (base seca) em dietas de crescimento e terminação de suínos, sobre o ganho de peso, rendimento e qualidade da carcaça e na qualidade e estabilidade da carne suína produzida;

- Avaliar os efeitos da dieta com óleo de linhaça e bagaço de uva sobre a estabilidade lipídica e proteica da carne produzida.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. – Características de carne suína

A carne suína é a proteína animal mais consumida no mundo, com isso a suinocultura se destaca no país como uma atividade empreendedora, assim evidenciando o avanço de alguns setores como emprego de novas tecnologias, ou voltado para acatar a exigência do consumidor. O mercado de carne suína foi submetido, a várias mudanças influenciadas pelas demandas dos consumidores, que concentraram a produção em carnes mais magras e saudáveis (CARDENIA et al., 2011).

A carne suína é a carne mais consumida no mundo, representando mais de 36% da ingestão mundial de carne. (FAO, 2019), possui vitaminas do complexo B, sendo, entre as carnes, a principal fonte de tiamina (vitamina B1), uma vez que, uma pequena porção de lombo fornece até 66% das exigências diárias dessa vitamina para os homens e 72% para as mulheres (MAGNONI; PIMENTEL, 2006). Além disso, o conteúdo de minerais como o ferro e o selênio é bastante expressivo.

A água é o componente mais abundante na carne, que afeta a suculência, textura, cor, sabor e influencia diretamente a sua qualidade. O teor de proteína varia de acordo com a idade do abate, com tendência a aumentar com o avanço. Independentemente da idade, raça, sexo e região produzida, a carne é uma fonte protéica de alto valor biológico, ou seja, os aminoácidos presentes na carne são essenciais às necessidades dos seres humanos. A gordura é um determinante de sua qualidade, pois exerce influência sobre as propriedades organolépticas, palatabilidade e valor nutricional, no entanto, é um substrato que desencadeia a lipoperoxidação em produtos cárneos (LAWRIE, 2005).

Estudos têm demonstrado que alguns aditivos alimentares (vitaminas, minerais e antioxidantes) melhoram as características sensoriais e nutricionais da carne suína (NUERNBERG et al., 2002; SWIGERT et al., 2004). Em especial, os aditivos para o controle da oxidação lipídica em carne e seus derivados tornaram-se cada vez mais importantes.

Os principais tipos de lipídios encontrados na carne são os triglicerídeos (82%), fosfolipídios (14%), ácidos graxos livres (1,7%) e colesterol (1,6%). Também fazem parte da gordura da carne, mas em menores proporções, os mono e diglicerídeos e os ácidos graxos livres. Os triglicerídeos são compostos por uma molécula de glicerol e três cadeias de ácidos graxos. A aparente ligação entre níveis plasmáticos de colesterol e doenças cardiovasculares, e sua associação com a ingestão de AGS, levou a recomendações para reduzir a ingestão de alimentos ricos em AGS, incluindo as carnes vermelhas (TEICHOLZ et al., 2014).

Nos animais monogástricos, o perfil de ácidos graxos da dieta influencia indiretamente na gordura corporal, uma vez que uma parte dos ácidos graxos ingeridos é depositada nos tecidos. Este efeito tem sido relatado em vários estudos que avaliaram diferentes fontes de gordura para suínos em terminação (APPLE et al., 2009a; APPLE et al., 2009b; APPLE et al., 2009c; BENZ et al., 2011; ENSER et al., 2000; JUÁREZ et al., 2010; KOUBA et al., 2003; LAURIDSEN et al., 1999; NUERNBERG et al., 2005; OLIVARES et al., 2009; TEYE et al., 2006; ZANARDI et al., 1998). Estas alterações no perfil de ácidos graxos têm sido observadas nos depósitos de gordura corporal, o que resulta em alterações na relação n-6/n-3 e do ponto de fusão das gorduras. Portanto, é possível manipular a composição da gordura corporal, drasticamente através da seleção de gorduras na dieta (PETTIGREW; ESNAOLA, 2001). A proporção desejável de AGPI e AGS é pelo menos 0,4 e a relação n-6/n-3 é inferior a 4 (WOOD et al., 2003). A carne suína é caracterizada por um perfil indesejável nutricionalmente de ácidos graxos. Os AG essenciais não podem ser sintetizados no corpo do suíno e têm de ser fornecidos através da dieta, isto é, como os ácidos linoléico e linolênico (ENSER et al., 2000).

Assim, fica claro que a composição das dietas tem efeito sobre os aspectos físico-químicos dos produtos cárneos. Este é o caso dos ácidos graxos específicos, como AG n-3, outros AGPI, selênio e vitamina E (MOREL et al., 2008; SHEARD et al., 2000; ZHANG et al., 2010). Muitos estudos foram realizados para a incorporação de AG n-3 na carne devido à sua capacidade para reduzir os níveis de lipoproteína de baixa densidade (LDL), colesterol e triacilgliceróis no sangue (HARRIS, 2007).

Enquanto, inúmeros estudos têm sido conduzidos com o objetivo de estabelecer as quantidades mais apropriadas para a incorporação do ácido α -linolênico nas rações dos animais, que possibilitem o aumento da sua conversão enzimática para AG de cadeia longa (MARTIN et al., 2006). Em particular, os níveis de AGPI n-3 pode ser aumentado na carne suína por fontes de alimentação, tais como sementes de linhaça, que mais de 50% do óleo é de 18:3n-3 (ENSER et al., 2000; MATTHEWS et al., 2000).

A suplementação da dieta suína com óleos de benefícios nutricionais proporciona um método eficaz para modificar a composição AG da carne suína. Como o suíno é um animal monogástrico, é relativamente fácil mudar o perfil AG da carne através da manipulação dos AG na dieta (MOUROT; HERMIER, 2001). Essa prática é considerada um dos meios mais viáveis e convenientes para aumentar o valor nutricional dos produtos de carne suína e o valor nutricional para a população humana (CORINO et al., 2014; ENSER et al., 2000; WOOD et al., 2003). Com o óleo de linhaça é uma alternativa comercial potencial ao óleo de peixe como fonte de ácidos graxos n-3 contendo cerca de 60% de C18: 3n-3 (NGUYEN et al., 2004).

2.2 – Ácidos Graxos

Os ácidos graxos (AG) são a unidade estrutural das gorduras, formam e caracterizam os triacilgliceróis (BREDA, 2003). Os AG são ácidos carboxílicos com cadeia hidrocarbônica que contém de 2 a 36 átomos de carbono. Contém, em geral, número par de carbonos e podem ser classificados em AG de cadeia curta (2 a 6 carbonos), média (6 a 10 carbonos) e longa (acima de 12 carbonos) (LEHNNINGER et al., 2002). São armazenados como reserva energética e metabólica, funcionando como cofatores enzimáticos, detergentes, transportadores, hormônios e mensageiros celulares (GOMES; TIRAPÉGUI, 2002). AG podem ser representados pela forma RCO_2H . Na maioria das vezes, o grupamento R é uma cadeia carbônica longa, não ramificada, com número par de átomos de carbono, que pode ser saturada ou conter uma ou mais insaturações (GRAZIOLA et al., 2002, KALISH et al., 2012). Esta característica possibilita classificá-los em saturados (AGS), contendo apenas ligações simples entre carbonos, ou insaturados (AGI), contendo uma ou mais insaturações (dupla ligação) na cadeia carbônica, sendo estes divididos em: monoinsaturados (AGMI) e poli-insaturados (AGPI) (APPOLINÁRIO et al., 2011).

2.2.1 – Ácidos graxos Insaturados

Um ácido graxo com duplas ligações designa-se insaturado. Se tiver apenas uma dupla ligação é monoinsaturado e, se tiver mais que uma dupla ligação é poli-insaturado. As duplas ligações permitem a existência de isômeros. As isomerias de posição devem-se as variações na localização de duplas ligações. Se os radicais estão no mesmo plano de simetria, os isômeros designam-se por cis e, se não estão, por trans (HALPERN, 1997).

Os AGI podem ser divididos, basicamente, em três classes distintas: ácido α -linolênico, ácido linoléico e ácido oléico. Cada classe é composta por uma família de AG, sendo que todos os membros desta família podem ser sintetizados biologicamente a partir daqueles oferecidos na dieta (GRAZIOLA et al., 2002, KALISH et al., 2012). O número de duplas ligações dos AGPI (ácidos graxos poli-insaturados) é variável (2, 3, 4, 5 ou superior), sendo a forma cis a predominante (FERREIRA, 1983).

Em uma alimentação saudável preconiza-se a ingestão de mais ácidos graxos poli-insaturados, ômega 3 e CLA (ácido linoléico conjugado). A ingestão de alimentos enriquecidos com ômega 6 e ômega 3 está associado com redução do risco de doenças cardiovasculares (SANGIOVANI et al., 2000; BUCHER et al., 2002; LORGERIL; SALEN, 2002). As pesquisas sobre o perfil de AG têm despertado cada vez mais importância devido ao maior interesse da população em produtos saudáveis e equilibrados em seus nutrientes.

2.2.2. – Ácido Graxo Ômega-3

As diferentes posições de duplas ligações ao longo da cadeia determinam a família a qual este ácido graxo pertence, bem como suas diferentes propriedades químicas, nutricionais e funcionais (FAROOQUI, 2009). As principais famílias de ácidos graxos poli-insaturados (AGPI): a família n-6 e n-3. Os ácidos graxos poli-insaturados de cadeia longa da família ômega-6 são derivados do ácido linoleico (18:2 n-6), e têm a primeira dupla ligação entre o sexto e o sétimo átomo de carbono na configuração cis, a partir do terminal metila, portanto, a denominação n-6. Da mesma forma, os ácidos graxos da família ômega-3 são derivados do ácido graxo α -linolênico (18:3 n-3), e têm sua primeira dupla ligação entre o terceiro e quarto átomo de carbono a partir do terminal metila, portanto, a denominação n-3 (Figura 1), (YOUDIM et al. ,2000).

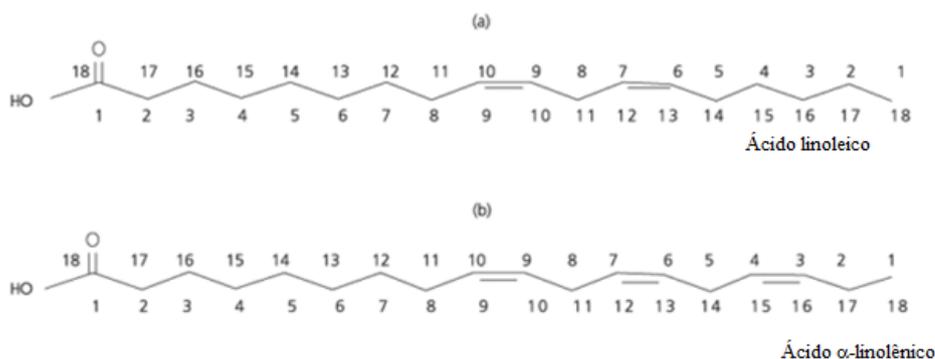


Figura1: Estrutura do ômega 6 (a) e do ômega 3 (b).

Fonte: MARTIN et al., 2006.

Os ácidos graxos poli-insaturados n-3 e n-6 não podem ser metabolizados pelo organismo humano (PUPE et al., 2003; LANDS, 2012), pois estes não possuem a enzima $\Delta 9$ -dessaturase; portanto, eles devem ser obtidos da dieta (ROSE; CONNOLY, 1999; TEITELBAUM; WALKER, 2001). Os ácidos graxos linoleico (n-6) e α -linolênico (n-3) são essenciais para funções celulares normais e atuam como precursores para a síntese de ácidos graxos poli-insaturados de cadeia longa, como os ácidos araquidônico (AA), eicosapentaenóico (EPA) e docosahexaenóico (DHA), que fazem parte de numerosas funções celulares como a integridade e fluidez das membranas, atividade das enzimas de membrana, interações lipídio-proteína e síntese de eicosanóides como as prostaglandinas, leucotrienos e tromboxanos (YOUUDIM et al., 2000).

Os ácidos graxos n-6 e n-3, uma vez consumidos, podem ser alongados até cadeias de pelo menos 20 ou 22 carbonos. O ácido linoleico pode ser metabolizado em outros ácidos n-6, incluindo os ácidos α -linolênico, dihomo- α -linolênico e araquidônico. O ácido α -linolênico é metabolizado em outros da série n-3, entre eles EPA e DHA. Este processo metabólico é mediado pelas enzimas chamadas elongases e dessaturases, as quais participam na formação dos AGPI, n-6 e n-3, resultando em uma competição metabólica entre os dois grupos (SALEM, 1999), (Figura 2). Um excesso de ácido linoleico vai impedir a transformação do α -linolênico em seus derivados EPA e DHA, o mesmo acontecerá no caso contrário, com um menor consumo do ácido linoleico haverá uma diminuição da formação do ácido araquidônico. A concorrência entre os ácidos linoleico e α -linolênico está determinada pela afinidade da enzima Δ -6 dessaturase por ambos ácidos graxos. Como a enzima tem maior especificidade pelos ácidos graxos n-3, precisará de menores quantidades destes ácidos que dos n-6 para produzir a mesma quantidade de produto (MADSEM et al., 1999). Portanto, é necessário um equilíbrio entre o aporte dos dois ácidos graxos através da dieta.

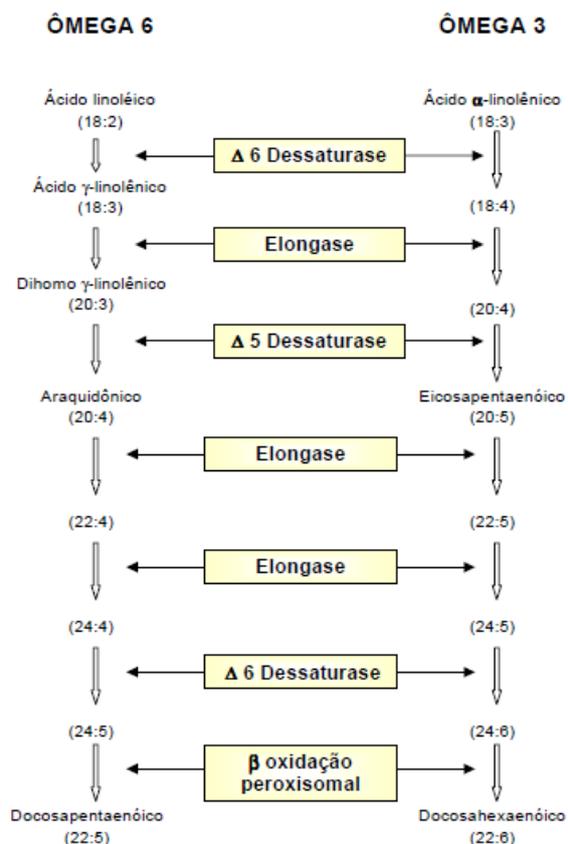


Figura 2. Competição metabólica entre as séries ω -6 e ω -3.

Fonte: SALEM (1999)

O ômega-3 é encontrado em alimentos de origem animal, como os peixes. Já A semente da chia, a semente de linhaça são exemplos de fontes vegetais terrestres de ácido α -linolênico (C18:3n-3). Alimentos esses que no organismo humano pode ser convertido a DHA e EPA, porém apresentam predomínio de DHA na composição (SIMOLOPOS, 2002).

São amplamente conhecidos os benefícios que representam os ácidos graxos altamente insaturados para a saúde humana no que diz respeito à prevenção de doenças coronárias, doenças cardiovasculares, artrite reumática, depressão, depressão pós-parto, cânceres, diabetes, ação anti-inflamatórias, entre outros (PUWASTIEN et al., 1999; SANDERSON et al., 2002; FAGUNDES, 2003). Os AGPI n-3 têm papel fundamental no desenvolvimento e manutenção do cérebro e do sistema visual (MARTIN et al., 2006). Além disso, o n-3 atua diretamente evitando a formação de trombos, tendo em vista que esse AG compete com o ácido araquidônico com o substrato para a enzima ciclooxygenase, inibindo a formação de tromboxano A₂, que é um importante agente vasoconstritor e agregante plaquetário, evitando assim a formação de coágulo, importante causa de infarto do miocárdio e aterosclerose (DE CATERINA; ZAMPOLLI, 2007; VEDTOFTE et al., 2012).

Estudo realizado com ratos avaliou o efeito do n-3, porém advindo da farinha de linhaça. Os autores observaram que os ratos suplementados com a farinha de linhaça marrom ou dourada diminuíram as concentrações séricas de triglicérides e aumentaram a concentração de HDL-c (MOLENA-FERNANDES et al., 2010). Já no estudo realizado por Cicero et al. (2010) suplementaram, com 2g de n-3, 111 indivíduos com hipertrigliceridemia e/ou hipertensão, sendo que, destes, 55% tinham síndrome metabólica. Eles observaram que os indivíduos diminuíram o colesterol total, triglicérides, pressão arterial sistólica e diastólica, e pressão de pulso, e aumentaram o HDL-c. Em outro estudo com ratos suplementados tiveram maior perda de peso, apresentaram maior adiponectina, menor concentração plasmática de leptina e insulina e menor resposta lipídica pós-prandial para triglicérides, apresentando benefícios no metabolismo lipídico hepático e intestinal, além de diminuição das lesões cardíacas (LU et al., 2011).

Em uma meta-análise, Mozaffarian e Rimm (2006) verificaram que o consumo de peixe ou óleo de peixe reduziu o risco de morte por doenças cardiovasculares e morte súbita. A ingestão modesta de cerca de 250-500mg/dia de EPA e DHA (quantidade encontrada em 25g de salmão ou 50g de atum) reduz em 25% ou mais o risco relativo de mortalidade, enquanto que ingestões maiores não promovem reduções adicionais no risco de mortalidade (CHAN; CHO, 2009).

A Sociedade Brasileira de Cardiologia já recomenda uma diminuição do consumo de AGS tendo em vista seu efeito no aumento do LDL-colesterol e no aumento do risco cardiovascular, devendo ser consumido abaixo de 7% do valor energético total diário para os indivíduos com síndrome metabólica. A Sociedade de Cardiologia ainda sugere a substituição dos AGS por AGPI e visa à diminuição do LDL-colesterol, aumento da razão HDL-c/LDL-c, diminuição da razão colesterol total/HDL-c e redução do risco cardiovascular (SANTOS et al., 2013).

Uma forma de aumentar a ingestão de AGPI n-3, sem alterar o comportamento nutricional dos consumidores, seria fortificar alimentos tradicionais, tais como a carne e produtos a base de carne com AGPI n-3. O componente lipídico da carne suína contém uma quantidade elevada de AGS associada a algumas doenças modernas (WOOD et al., 2003). O consumo regular de carne suína enriquecido com ácidos graxos n-3 pode diminuir o teor de triglicéridos séricos e aumentar a produção de tromboxano no soro, e, portanto, pode reduzir doenças cardiovasculares (COATES et al., 2009).

Estudos realizados com adição de linhaça na dieta aumentou a proporção de ácidos graxos n-3, reduzindo a relação n-6/n-3 (ENSER et al., 2000, HUANG et al., 2008, JUÁREZ

et al. 2011, REY et al., 2001, KOUBA et al., 2003). Maior deposição de n-3 também foi demonstrado por outros estudos que utilizaram suplementação de OL na dieta de suínos (CORINO et al., 2008; KOUBA et al., 2003; JIANG JIANG et al., 2017; JUÁREZ et al., 2011; NUERNBERG et al., 2005; TONNAC et al., 2017; TURNER et al., 2014). Estudos examinaram o efeito de 18:3 n-3 da linhaça em sua concentração na carne suína. A motivação para esta pesquisa é a alta relação n-6/n-3 de ácidos graxos na carne de suínos e da necessidade de reduzir esta relação por razões nutricionais humanas.

No entanto, há preocupação em relação aos antioxidantes sintéticos, uma vez que podem causar efeitos mutagênicos e tóxicos no corpo humano (DJILAS et al., 2009; SEN et al., 2010), fato que motivou investigações sobre os benefícios dos antioxidantes naturais como substitutos de antioxidantes sintéticos (FORMANEK et al., 2001; FALOWO, et al. 2014, SHAH et al., 2014). O uso de antioxidantes naturais é recomendável, pois estimula um destino mais sustentável para subprodutos alimentícios, bem como aumenta a viabilidade econômica do estudo. O interesse crescente no aspecto nutricional dos compostos polifenólicos com sua capacidade antioxidante, podendo tornar-se uma alternativa importante como um substituto parcial da vitamina E em dietas de animais. O potencial antioxidante dos polifenóis de sementes de uva é 20 vezes maior que a vitamina E e 50 vezes maior que a vitamina C (CARPENTER et al., 2007). Neste contexto, pode ser uma estratégia eficaz o uso de antioxidantes naturais em produtos com maiores teores de ω -3, tanto para retardar as reações de oxidação, favorecidas pela presença destes AG, como para aumentar o potencial fisiológico-funcional do alimento.

2.3. – Óleo de Linhaça

A linhaça proveniente da planta do linho (*Linum usitatissimum* L.) é uma planta anual da família Linaceae e produz pequenas sementes planas e ovais, conhecida como uma fonte rica em ácido α -linolênico, fibra dietética e lignanas e, mais recentemente, também tem recebido atenção como uma fonte de peptídeos bioativos (RABETAFIKA et al., 2011; KAJLA et al., 2015). Ainda é considerada como alimento funcional, devido aos seus potenciais benefícios para a saúde e fins medicinais (SHIM et al., 2015; KAJLA et al., 2015). Recentemente, sementes de linhaça também foram incorporadas aos alimentos como nutracêuticos ou ingredientes alimentares para melhorar a qualidade nutricional dos alimentos (DONG et al., 2015; MOURA et al., 2016).

A alimentação como agente melhorador da saúde trouxe novas classes alimentares, denominadas funcionais e nutracêuticas, entre outras denominações, com efeitos sobre a saúde e/ou bem-estar, além do seu valor nutricional. Alimento funcional é “todo aquele alimento ou ingrediente que, além das funções nutricionais básicas, quando consumido como parte da dieta usual, produz efeitos metabólicos e/ou fisiológicos e/ou efeitos benéficos à saúde, devendo ser seguro para consumo sem supervisão médica”. No Brasil a regulamentação é feita pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), segundo a portaria 398 (Brasil, 1999).

A expressão “nutracêutico” foi cunhada pela Foundation for Innovation in Medicine dos Estados Unidos em 1990 (DE FELICE, 1995), para nominar uma nova área de pesquisas biomédicas e, desde então, tornou-se parte do léxico padrão da comunidade científica e indústrias alimentícias e farmacêutica. Nutracêutico tem sido definido como “uma substância de ocorrência natural, com evidente efeito benéfico à saúde, presentes em alimentos específicos, alimentos funcionais ou suplementos alimentares”. Em um conceito mais abrangente, são elementos ou substâncias químicas encontrados como um componente natural de alimentos ou outras formas de ingestão, que proporcionam benefícios à saúde humana na prevenção ou tratamento de doenças, ou ainda, na melhoria do rendimento fisiológico. Neste contexto, os produtos de origem animal desempenham um papel importante em relação à composição de ácidos graxos com impacto na saúde humana (LATTI et al., 2006).

A linhaça é uma semente oleaginosa, de onde é extraído um óleo rico em Ômega-3 e Ômega-6 (VAISEY-GENSER; MORRIS, 2003), de coloração alaranjada e sabor levemente amargo, sendo reconhecido como um notável antioxidante e imunoestimulante (ARAÚJO, 2007).

O óleo de linhaça é um alimento muito rico em ácidos graxos poli-insaturados, sendo considerado a maior fonte de ômega-3 presente na natureza (RIEDIGER et al., 2008). Ele contém cerca de 53% de ácido α -linolênico (18:3 n-3) e 13% de ácido linoleico (18:2 n-6) (TZANG et al., 2009), denominados de ácidos graxos essenciais, já que não podem ser sintetizados pelo organismo humano e são indispensáveis para o funcionamento e crescimento normal de todos os tecidos. O ácido α -linolênico é o principal ácido graxo da família ω -3 e o ácido linoleico é o principal ácido graxo da família ω -6. O principal metabolismo do α -linolênico é sua conversão para longas cadeias de ácidos graxos ω -3, ácido eicosapentaenóico (EPA) e docosahexaenóico (DHA); e o principal metabolismo do ácido linoleico é a formação de ácido araquidônico (VAISEY-GENSER; MORRIS, 2003).

O óleo de linhaça apresenta a mais alta relação n-3/n-6 entre as fontes vegetais (TZANG et al., 2009). De acordo com Riediger et al. (2008), quanto maior essa relação, maiores são os benefícios à saúde humana. As suas características nutricionais permitem a atribuição de alimento funcional, ou seja, o seu consumo pode produzir efeitos benéficos à saúde (VAISEY-GENSER e MORRIS, 2003). Estudos in vitro mostraram que hidrolisados de proteínas de linhaça têm atividades biológicas, tais como antioxidantes, anti-inflamatória e a capacidade de redução do colesterol (UDENIGWE et al., 2009; RABETAFIKA et al., 2011). Além de prevenir doenças degenerativas e cardiovasculares, apresenta excelentes resultados no tratamento da tensão pré-menstrual e menopausa, além da redução dos riscos de câncer de mama, próstata e pulmão (ARAÚJO, 2007).

A alimentação como agente melhorador da saúde trouxe novas classes alimentares, denominadas funcionais e nutracêuticas, entre outras denominações, com efeitos sobre a saúde e/ou bem-estar, além do seu valor nutricional. Alimento funcional é “todo aquele alimento ou ingrediente que, além das funções nutricionais básicas, quando consumido como parte da dieta usual, produz efeitos metabólicos e/ou fisiológicos e/ou efeitos benéficos à saúde, devendo ser seguro para consumo sem supervisão médica”. No Brasil a regulamentação é feita pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), segundo a portaria 398 (Brasil, 1999).

A expressão “nutracêutico” foi cunhada pela Foundation for Innovation in Medicine dos Estados Unidos em 1990 (DE FELICE, 1995), para nominar uma nova área de pesquisas biomédicas e, desde então, tornou-se parte do léxico padrão da comunidade científica e indústrias alimentícias e farmacêutica. Nutracêutico tem sido definido como “uma substância de ocorrência natural, com evidente efeito benéfico à saúde, presentes em alimentos específicos, alimentos funcionais ou suplementos alimentares”. Em um conceito mais abrangente, são elementos ou substâncias químicas encontrados como um componente natural de alimentos ou outras formas de ingestão, que proporcionam benefícios à saúde humana na prevenção ou tratamento de doenças, ou ainda, na melhoria do rendimento fisiológico. Neste contexto, os produtos de origem animal desempenham um papel importante em relação à composição de ácidos graxos com impacto na saúde humana (LATTI et al., 2006).

Dentro do contexto dos alimentos funcionais, os produtos suplementados com ácidos graxos poli-insaturados, como o n-3, têm sido considerados benéficos à saúde humana. (HASLER, 1998; ZHAO et al., 2004). A gordura da carne suína é suscetível a oxidação lipídica, por ter em sua composição química ácidos graxos poli-insaturados, que servem de substrato para a inicialização do processo de oxidação, o qual tem a capacidade de interferir

na qualidade da carne e de seus derivados, podendo limitar sua aceitabilidade (WEBER et al., 2001; DEVATKAL et al., 2009). Alimentando os suínos com AGPI n-3, utilizando linhaça pode melhorar a qualidade nutricional da carne suína, mas pode afetar adversamente suas qualidades sensoriais devido à susceptibilidade de AGPI n-3 à oxidação lipídica (LYBERG et al., 2005).

2.4. – Oxidação Lipídica

Oxidação lipídica é o termo geral utilizado para descrever uma sequência de alterações químicas oriundas da interação entre os lipídeos e o oxigênio (DAMODARAM et al., 2010). Processos oxidativos encurtam a vida útil da carne fresca e afeta negativamente a aceitação do consumidor, gerando modificações na cor, aroma e flavor. Além disso, a redução da estabilidade oxidativa também influencia nas proteínas da carne. Oxidação de proteínas tem um impacto negativo sobre as propriedades nutritivas e sensoriais da carne devido à oxidação de aminoácidos indispensáveis, à sua disponibilidade reduzida e digestibilidade, e para a redução da maciez da carne (LUND et al., 2011).

A oxidação em frações de lipídeos e de proteínas de carne tem sido demonstrada como a principal causa, não-microbiana de deterioração da qualidade durante o processamento. Isso ocorre porque lipídios e proteínas na carne são facilmente suscetíveis a danos oxidativos devido ao rápido esgotamento de antioxidantes endógenos após o abate (XIAO et al., 2013). A oxidação de lipídeos é uma reação em cadeia de radicais que consiste de iniciação, propagação e terminação, com a produção de radicais livres. Na etapa de iniciação de reação os ácidos graxos ($R\bullet$), que por sua vez reagem com o oxigênio para formar radicais peróxilas ($ROO\bullet$) na etapa de propagação são convertidos em radicais alquilas. Os radicais peróxilas atacam novas moléculas de ácidos graxos insaturados e forma hidroperóxidos ($ROOH$), que mais tarde se decompõem para produzir os compostos voláteis aromáticos, que dão à carne aromas anormais e odores rançosos (CHAIJAN, 2008; GORDON, 2001).

Entretanto, o alto teor de AGPI n-3 no óleo de linhaça também contribui para sua rápida oxidação (GUILLÉN; URIARTE, 2012). Para evitá-lo, é necessária suplementação com antioxidantes, que podem ser substâncias naturais ou sintéticas, que atuam na prevenção e/ou redução de reações de oxidação (SAMARANAYAKA; LI-CHAN, 2011; BERNARDI et al., 2016). A nutrição animal está evoluindo para o enriquecimento de AGPI n-3 nas dietas, melhorando a gordura animal tomando-a mais saudável (BOURRE 2005). Na ausência de antioxidantes apropriados, os AGPIs formam radicais livres e podem ter um efeito pró-

oxidante significativo levando à depleção da vitamina E aumento dos produtos de oxidação (MEYDANI, 1996). Portanto, é um requisito necessário ter uma ingestão aumentada de antioxidantes para acompanhar um consumo elevado de AGPI para obter as ações benéficas dos mesmos (WISEMAN, 1996).

Após abate, várias mudanças ocorrem na carne do suíno a favor da oxidação, por exemplo, a libertação de ferro das células e a perda do sistema da enzima glutatona peroxidase (MORRISSEY et al., 1998). Como os lipídeos em carne suína são relativamente insaturados, as tentativas para aumentar ainda mais as concentrações de AGPI elevam o risco de gerar produtos da oxidação lipídica, levando a alteração de odores, sabores e de cor.

Portanto, os componentes oxidativos da carne necessitam ser protegidos contra danos causados por espécies reativas de oxigênio (ROS). A proteção pode ser fornecida, naturalmente, através da deposição de compostos antioxidantes provenientes dos alimentos nos tecidos animais. Isto está de acordo com a observação de que o equilíbrio entre os componentes antioxidantes e pró-oxidantes em carnes determina a estabilidade oxidativa dos lipídeos (LUCIANO et al., 2013) e correspondentemente de proteínas (GRAVADOR et al., 2014).

Antioxidantes sintéticos, tais como butil- hidroxi-anisol (BHA), butil- hidroxi-tolueno (BHT), e terc-butil-hidroquinona (TBHQ), têm sido utilizados para inibir a oxidação de carne (FASSEAS et al., 2007), mas com efeitos colaterais para humanos. O potencial de antioxidantes sintéticos que causam efeitos toxicológicos criou demanda por antioxidantes naturais por parte dos consumidores e da indústria de carnes (KARRE et al., 2013). Esta é uma das razões para o aumento da demanda por antioxidantes naturais de origem vegetal (ROJAS; BREWER, 2008).

Agroindústrias geram inúmeros resíduos, resultando em problemas ambientais e, portanto, a realização de uma agricultura sustentável implica na redução/eliminação de resíduos. A possibilidade de utilizar esses resíduos como antioxidantes naturais na indústria de alimentos poderia representar um passo significativo para a manutenção do equilíbrio ambiental (ROCKENBACH et al., 2008). Estes resíduos, tais como sementes e cascas, são ricos em compostos fenólicos, que são responsáveis por sua alta atividade antioxidante (GUENDEZ et al., 2005). Flavonóides são os compostos fenólicos mais abundantes em cascas de uva, enquanto que as sementes de uva são ricas em flavan-3-ol (CHEYNIER ; RIGAUD, 1986; SOUQUET et al., 2000).

Os compostos fenólicos são os principais constituintes de materiais de plantas que contribuem para a sua capacidade antioxidante. As plantas, frutas e seus extratos que refletem

as concentrações de compostos fenólicos são, assim, considerados como fontes de antioxidantes eficazes para inibir a oxidação em alimentos cárneos (PENNINGTON; FISHER, 2009).

Do ponto de vista qualitativo e de segurança alimentar, o uso de antioxidantes através da suplementação das rações animais corresponde a uma das ferramentas para atingir esses objetivos, minimizando a oxidação lipídica, que é uma das principais causas de deterioração da carne e de seus produtos (SOARES, 2009).

2.5. – Bagaço de uva

O bagaço de uva é originado da prensagem das matérias-primas da vinificação, constituídas pelas partes sólidas das uvas (semente, casca e engaço) (DWYER et al., 2014). Estima-se que cerca de 61 milhões de toneladas de uvas anualmente são produzidas, onde 80% é destinada a produção de vinho e 20% deste total é representado pelo peso do bagaço, de modo que são produzidos mais de 9 milhões de toneladas de resíduos vinícolas, o que torna esse setor uma potencial fonte geradora de resíduos (SCOMA et al., 2014; ZHU et al., 2015). Na vinificação, o bagaço da uva é recolhido após a etapa da fermentação, podendo ser posteriormente utilizado para a produção de grappa (ou bagaceira), bebida destilada com alto teor alcoólico (40%) ou na fabricação de produtos cosméticos (LOULI et al., 2004). Como também pode ser utilizado como ração animal, adubo para vinhedo ou é totalmente descartado.

Grande parte dos bagaços produzidos pelas vinícolas é desperdiçada, mas sabendo-se da quantidade considerável de componentes bioativos presentes nesse resíduo agroindustrial, a extração desses componentes de importância para as indústrias farmacêuticas, químicas e de alimentos, pode ser uma alternativa para a valorização deste resíduo. Foi relatado que aproximadamente 70% do conteúdo fenólico é preservado no bagaço de uva após o processamento (GONZÁLEZ-CENTENO et al., 2010; DWYER et al., 2014).

Devido à crescente demanda do consumidor pelo uso de compostos naturais em vez de sintéticos, e devido à crescente atenção às práticas agrícolas sustentáveis, existe uma vasta gama de aplicações para o bagaço de uva, como alimentos funcionais (fibras alimentares e polifenóis), no processamento de alimentos (biossurfactantes), cosméticos (óleo de semente de uva e antioxidantes), farmacêutico e suplementos (pó de bagaço de uva) (RÓZEK et al., 2010, DWYER et al., 2014, SHINAGAWA et al., 2015). O uso potencial de subprodutos da uva pode ser uma alternativa promissora, não apenas motivada por questões ambientais, mas

também pela possibilidade de melhorar a qualidade dos alimentos e desenvolver ingredientes e produtos de alto valor agregado (ABARGHUEI et al., 2010, MARTINEZ et al., 2016).

Sementes e cascas de uvas concentram a maior parte dos compostos fenólicos. Por essa razão, o extrato obtido do resíduo da uva tem se tornado popular recentemente para a obtenção de ingredientes funcionais, tais como antioxidantes naturais e suplementos alimentares (BAGCHI et al., 2000; SHRIKHANDE, 2000; XU et al., 2010). As sementes de uva representam entre 2 e 5% do peso da uva e constituem aproximadamente 38 a 52% dos resíduos sólidos gerados pelas indústrias de vinho (BRENES et al., 2016). Em geral, o bagaço de uva contém cerca de 40% de fibras, 10 a 20% de lipídios, 10% de proteínas, fenólicos complexos, além de açúcares e minerais (ROCKENBACH et al., 2012).

As sementes de uva são valorizadas principalmente pelas propriedades nutricionais do óleo, que é rico em ácidos graxos insaturados (oleico e linoleico) e compostos fenólicos (BAIL et al., 2008; HANGANU et al., 2012), sendo utilizado nas indústrias químicas, de cosméticos e farmacêutica. A casca da uva é uma fonte de antocianinas, que são corantes naturais e possuem propriedades antioxidantes, são inibidores de lipoperoxidação e também apresentam atividades antimutagênicas. O engaço por sua vez é rico em compostos tânicos, os quais apresentam alto potencial nutracêutico e farmacológico (MURGA et al., 2000).

Como os compostos fenólicos são os metabólitos secundários mais importantes da uva com propriedades antioxidantes, o conteúdo fenólico total dos extratos de bagaço de uva é geralmente bem correlacionado à sua atividade antioxidante. (ROCKENBACH et al., 2011). Os compostos fenólicos são uma importante categoria de fitoquímicos, devido a sua alta capacidade antioxidante e pela sua habilidade de eliminar radicais livres, através de mecanismos como o de inibição de enzimas responsáveis pela produção de espécies reativas de oxigênio (LI FU et al., 2011). A uva é uma das maiores fontes de compostos fenólicos. Os principais fenólicos presentes na uva são os flavonóides (antocianinas, flavanóis e flavonóis), os estilbenos (resveratrol), os ácidos fenólicos (derivados dos ácidos hidroxicinâmicos e hidroxibenzóicos) e uma larga variedade de taninos (FRANCIS, 2000, PINELO et al., 2006; KAMMERER et al., 2004; SOTO et al., 2015).

Além de sua ação antioxidante, a influência benéfica dos fenóis da uva e do vinho sobre a saúde humana tem sido cada vez mais investigado com evidências fornecidas por seus efeitos protetores contra doenças crônicas como câncer, neurodegeneração e patologias cardiovasculares (DEL RIO et al., 2013). Polifenóis de uva também têm mostrado ter propriedades anti-inflamatórias e anti-microbianas (YU; AHMEDNA, 2013, OZKAN et al., 2004, RODRIGUEZ-MORGADO et al., 2014).

Devido às suas propriedades biológicas e químicas, os componentes extraíveis do bagaço de uva pode ter muitas aplicações: como ingredientes de alimentos funcionais, cosméticos e nutracêuticos; como corantes naturais e conservantes de alimentos (IGNAT et al., 2014; YU; AHMEDNA, 2013). Estudos utilizaram extratos de bagaço de uva como protetores de alimentos devido à sua capacidade antioxidante de impedir a oxidação lipídica (PAZOS et al., 2005). O bagaço de uva integral foi utilizado em peixes congelados com sucesso para prevenção da oxidação lipídica (SÁNCHEZ-ALONSO et al., 2007). Na indústria de alimentos, os extratos fenólicos do bagaço de uva também podem ser usados como substitutos dos antioxidantes sintéticos.

Garrido et al. (2011) usaram extrato de uva Bordeaux como antioxidante natural em hambúrgueres suínos. O estudo avaliou a oxidação lipídica, a estabilidade da cor e a aceitabilidade geral do produto e concluiu o potencial para serem utilizados como conservantes em produtos à base de carne. Guerra-Rivas et al. (2016), aplicaram extrato de semente de bagaço de uva com vitamina E como controle, para avaliar a vida útil da carne de cordeiro, observaram a eficácia da redução da oxidação lipídica após o 7º dia de armazenamento.

Antioxidantes são utilizados em produtos alimentícios que contém gorduras e óleos para prevenir ou retardar o desenvolvimento da rancidez oxidativa, responsável pela deteriorização desses produtos (HRAS et al., 2002; LOULI et al., 2004).

O'GRADY et al. (2008) em seu estudo sobre o efeito da suplementação de dietas para suínos com extrato de semente de uva (100, 300, 700 mg/kg de ração) e blueberry (100, 300, 700 mg kg de ração). As análises foram feita no musculo longissimus dorsi, que avaliaram a estabilidade oxidativa por 16 dias de armazenamento a 4°C, onde mostra que no 8º e 12º dias auxiliou a redução da oxidação lipídica. Bertol et al. (2017) avaliou a inclusão do bagaço de uva na dieta de suínos sobre a qualidade da carne e, a estabilidade oxidativa da gordura corporal enriquecida com ácidos graxos ômega-3, com inclusão de 3 e 5% de bagaço de uva e de 6 e 10% de bagaço de uva. Que resultou no aumento do valor de a* e índice de saturação da cor da carne, verificando um efeito protetor sobre lipídios associados à carne.

Desta forma, como os AGPI são essenciais ao organismo, porem susceptíveis a oxidação lipídica, incluir nas dietas de suínos, óleo de linhaça aumentando os níveis AG n-3 e o bagaço de uva com ação antioxidante, poderá ser uma alternativa para aumentar o valor nutricional da carne suína e seus produtos.

3. DESENVOLVIMENTO

O desenvolvimento desta Tese foi dividido em dois manuscritos, apresentados na forma de artigos científicos.

3.1 MANUSCRITO 1

Effects of the Dietary Inclusion of Linseed Oil and Grape Pomace on Weight Gain, Carcass Characteristics and Meat Quality in Swine

^{1*}Trombetta F, ^{1,3}Fruet A P B, ¹Stefanello F S, ¹ Fonseca P A F, ² Souza A N M, ² Tonetto C J, ² Rosado Júnior A G, ¹Nörnberg J L.

¹Department of Food Science and Technology, Federal University of Santa Maria, Av. Roraima 1000, CEP 97105-900, Santa Maria, RS, Brazil

²Farroupilha Federal Insitute, Rua Vinte de Setembro 2616, CEP 97420-000, São Vicente do Sul, RS, Brazil

³Department of Agriculture, Nutrition, and Veterinary Sciences, University of Nevada, Reno, 1664 N. Virginia St. mail stop 202, Reno, NV 89557, United States.

*Corresponding author: Francielle Trombetta, Email: frantrombetta@yahoo.com.br.

Artigo publicado em international food research journal

Abstract

The objective of this study was to evaluate the effect of diet inclusion of flaxseed oil (n-3 fatty acids source), and of grape pomace (antioxidant source) on weight gain, carcass characteristics and meat quality of swine. During 90 days, crossbreed pigs (n=44) were fed with four different finishing diet: a control diet based on soybean meal and corn (CONT); a diet with addition of 3% linseed oil (LO); a diet with 3% linseed oil plus 3.5% ensiled grape pomace in dry matter (3.5%EGP); a diet with 3% linseed oil plus 7% ensiled grape pomace in dry matter (7%EGP). Finishing diets did not alter daily weight gain although pigs finished with LO diet presented thicker fatback when compared to pigs fed the CONT diet. Diets containing LO increased n-3 fatty acids concentration and reduced n-6/n-3 ratio when compared to the diet CONT ($p < 0.05$). Lipid profile alteration did not affect sensory parameters ($p > 0.05$). Inclusion of EGP (3.5%EGP and 7%EGP) increased fibrousness compared to CONT and LO diets. Inclusion of LO and EGP in finishing diet of pigs did not affect weight gain, generated a final product with higher nutritional value (increased polyunsaturated fatty acids/ saturated fatty acids (PUFA/SFA) ratio and reduced n-6/n-3 ratio) but yielded sensory parameters similar to those found in the control diet.

Key-words: Fatty acids, antioxidant, omega 3, finishing diet, meat characteristics.

Introduction

Several body functions are regulated by n-3 polyunsaturated fatty acids and low consumption of those FA can cause cardiovascular disease and metabolic disorders, a daily intake of 1,1-2,2g of α -linolenic acid is recommended (18:3n-3) (Simopoulos et al., 2000). A commercially available source that allows the deposition of n-3 in meat is linseed oil and it contains 60% of C18: 3n-3 (Kajla et al, 2015; Soto-Cerda et al., 2014), according to Jiang Jiang (2017) has increased n-3 levels twice. Pork can be an important source of n-3 PUFA if animals are fed with diets enriched with those FA and that is because a large amount of the FA ingested is deposited in their tissues, this is considered to be one of the most viable and convenient ways to increase the nutritional value of pig and pork products for the human population (Corino et al., 2014).

In addition to the interest of increasing n-3 deposition and also reducing SFA levels, studies have confirmed that a high dietary SFA content contributes to higher cholesterol levels leading to increased cardiovascular disease (Mahan et al., 2012). The main food source that is rich in n-3 PUFA and has an appropriate PUFA/SFA ratio is fish meat and its derivatives; however, this is a product not readily available to a large part of the population. On the other hand, pork is not only more affordable but also is the most widely consumed meat worldwide. Using an appropriate finishing diet it is possible to produce pork enriched in n-3 PUFA so that it becomes similar to fish in terms of nutritional value.

The desirable increase in the deposition of PUFA in pork has been associated with increased lipid peroxidation (Contini et al., 2014). The use of antioxidants is a strategy to neutralize this effect and they can be added directly to the product or fed with the diet. Because of the increasing demand for the use of natural over synthetic compounds, and due to increased attention to sustainability of agricultural practices, grape pomace (GP) could be incorporated into the animal diet as a feed rich in natural antioxidants, abundant by-product of wine making industry, which represents from 20 to 30% of the original grape weight used in the vinification (Dwyer et al., 2014), considered an antioxidant agent due to phenolic compounds found (Soto et al., 2015).

Thus, the aim of the present study was to evaluate the effects of the dietary inclusion of linseed oil (as a source of n-3 PUFA) and grape pomace (as a source of natural antioxidants) in the weight gain, carcass characteristics and meat quality in swine.

Materials and methods

Animals, diets and management

The study was approved by the Ethics Committee from Farroupilha Federal Institute, Brazil, under the protocol number 10.662.072/0001-58.

Total of 44 pigs, \pm 180 days, crossbred from F1 lineage dams (50% Large White x 50% Landrace) and lineage Embrapa MS115 boars, with a mean body weight of 48.6 kg, were randomly distributed in four treatments with 11 pigs each (5 males and 6 females), with an adaptation period of 14 days and an average of 86 days experimental period. Swine were fed four different diets: Control (CONT), 3% linseed oil (LO), 3% linseed oil plus 3.5% ensiled grape pomace in dry matter (DM) (3.5%EGP), 3% linseed oil plus 7% ensiled grape pomace in DM (7%EGP). The linseed oil and grape pomace inclusion was based on levels used by Bertol et al. (2017). Control group feed comprised corn, soybean meal and a mineral and vitamin premix in order to meet the nutrient requirements of the animals (Rostagno et al., 2005). The linseed oil was included directly in the mixer (horizontal type) during the concentrate preparation process. All diets were isoproteic, with varying energy content because lipids are 2.25 times more energetic than carbohydrate and protein, provided freely, according to Table 1.

GP was obtained from rural workers cooperative, in the municipality of Jaguari, Southern Brazil, from maple grapes (*Vitis vinifera*) with chemical composition (g/kg of dry matter) crude protein: 11,53; ashes: 3,97; neutral detergent fiber: 48,68; ether extract: 5,9; non-fibrous carbohydrates: 29,92 and phenolic compounds (mg/100g): 62,95. The grapes were ensiled using silo-bags (Sinuelo, Brazil) of approximately 40 kg capacity, packed on the same day they were pressed in the winery. At delivery, EGP was passed through a stainless steel mesh with aperture of 8mm to reduce the agglomerate size and provide a homogenous mix with the concentrate.

Animals were housed collective in concrete pens with a water channel, a drinking fountain type byte ball (2 per pen) and linear troughs (30 cm/animal) with a density of 1.2 m² per animal. Feed intake was recorded daily and pigs were weighted weekly in order to obtain the average daily gain (ADG).

When the animals reached the slaughter weight of 120 kg, they were submitted to solid fasting for approximately 12 hours. Prior to slaughtering, animals were stunned by an electric current of three amps, sufficient to cause an epileptic state preventing brain metabolic activity, and immediately after, slaughter.

Carcass characteristics

During the slaughter procedure, hot carcass weight (HCW) was recorded. The pH was measured at 45 min *postmortem* in the muscle longissimus thoracis (LT), between 11th and 12th ribs of left half-carcasses using a digital potentiometer PH-2600 (Icel Manaus, Manaus, Amazônia, Brasil), equipped with a penetration electrode and a temperature probe, stored in a cold room at 2 °C.

Carcasses were chilled for 24 hours and the cold carcass weight (CCW) recorded in order to calculate the cold carcass yield ($CCY = CCW \times 100/LV$) and cooling break ($CB = [(HCW - CCW)/HCW] \times 100$). At 24 hours pH was measured (between 11th and 12th ribs of left half-carcasses). For visual assessments of color and marbling of the muscle, a cross section was taken between 11th and 12th ribs and after 20 min of exposure to the air for pigment stabilization, grades from 1 to 6 were attributed using image standards (1 = very light and 6 = very dark). For the subjective analysis of marbling, image standards were used to attribute grades from 1 to 5 (1 = trace marbling and 5 = abundant marbling). Both assessments were performed using Pork Quality Standards image tables from National Pork Producers Council- NPPC-1991 (Aberle et al., 2001).

The loin eye area (LEA) was obtained from the same cross section using a planimeter through the exposure of LT muscle, traced on acetate paper, according to ABCS guidelines (1973). Backfat thickness (BFT) was measured at the level of first rib, last rib, last lumbar vertebrae (LLV) and half-carcass cross section between 11th and 12th ribs, using a digital pachymeter. Drip loss was assessed by the collection of 100 g fraction of LT muscle, placed in a reticulate bag, refrigerated at 2-4 °C for 24 hours, and reweighed. Drip loss was given as the difference between the initial and the final sample weight.

Later, LT muscle was chopped in 2.5 cm thick chops, cut perpendicularly to the muscle. Following, samples were identified and vacuum sealed in low gas permeability polyamide packs, stored at -18 °C in the dark until they were shipped to the laboratory for analysis.

Meat quality evaluation

Thirty grams of LT were lyophilized (Terroni, LS3000B, Brasil) under optimal conditions (Carpentier et al., 2007) for chemical composition analysis. Moisture, crude protein and ashes were quantified according to AOAC (1995). The remaining portion of the steak was used to determine total lipid values (Hara and Radin, 1978) and FA profile (Christie, 1982). Fatty acids methyl esters (FAME) were quantified using a gas chromatograph (GC) (Agilent, 45,813-01, CA, EUA), equipped with a flame ionization detector (FID). Analyses were performed using a fused-silica capillary column (0.25 mm x 60

m, Supelco SP™ -2362, PA, EUA). Oven temperatures were set from 100 °C to 240 °C, while injector and detector temperatures were 250 °C and 280 °C, respectively. Carrier gas used was nitrogen at a flow of 0.6 ml per minute. Fatty acids were identified by comparing retention times to previously known standards (FAME 37, linoleic acid methyl ester; cis-7,10,13,16,19 - docosapentenoic acid methyl ester). FA were quantified by the incorporation of an internal standard with known concentration (methyl tricosanoic acid - C23:0) in each sample prior to methylation, as well as using a theoretical correction factor and a conversion factor from methyl ester to fatty acid, according to the method proposed by Tonial et al. (2014). Cholesterol determination was performed by the enzymatic method with laboratory kits adapted from Saldanha et al. (2004). In order to calculate the water-holding capacity, a sample of 0.5 g was weighed in filter paper and pressed for 5 min using a 2.25 kg weight, after compression, samples were weighed again using the method adapted from Osório et al. (1998).

For the calculation of cooking loss (CL), Warner-Bratzler shear force (WBSF) and sensory evaluation, steaks were thawed for 24 hours at 4 °C and grilled using an electric grill. Steaks were flipped at 35 °C and cooked further until the final temperature reached 71 °C in the geometric center. Cooking loss was calculated from steaks used for WBSF using the formula below:

$$\text{Cooking loss \%} = 100 - \left(\frac{\text{grilled weight of the steak} \times 100}{\text{raw weight of the steak}} \right)$$

For WBSF, steaks were cooled overnight at 4 °C and six cores of 1.27 cm in diameter were taken in parallel to the muscle fiber orientation. Shear force and texture profile were evaluated using a texture analyzer (Stable Micro Systems, TA.XTplus). A V shaped (60 °) Warner Bratzler blade was used for shear force evaluation. Test speed was set in 200 mm per minute. Texture profile was assessed by the compression of six 1.5 cm³ cubes, using a 36 mm diameter cylindrical probe at a constant speed of 60 mm/min. Cubes were compressed twice at 80% of the sample thickness. Texture parameters included hardness, adhesiveness, cohesiveness, springiness, fibrousness, shear force, resilience and chewiness.

Determination of thiobarbituric acid reactive substances (TBARS) was performed according to the method described by Raharjo et al. (1992). Results were calculated from a standard curve of 1,1,3,3-tetraethoxypropane (TEP) (T9889, Sigma-Aldrich, St. Louis, USA) and were expressed in milligrams of malondialdehyde (MDA) per kg of sample.

Instrumental color was recorded using the parameters lightness (L*), redness (a*), yellowness (b*), saturation (c*) and Hue angle (H*) with a Minolta Chromameter (CM-700D, Minolta Inc., Japan), with a measuring area of 8 mm diameter, calibrated for illuminant A and at 10 ° standard observer.

Sensory Analysis

A total of 11 panelists between 18 and 30 years of age were trained following AMSA (2015) guidelines. For each session, 16 LT samples were served to the panelists (two steaks per swine, two swine per treatment, four treatments per session). After removal of subcutaneous fat, steaks were cooked until an internal temperature of 71 °C was reached, and 44 cube-shaped samples (22 from each steak, dimensions: 2.54 cm x 1.27 cm x 1.27 cm) were served to the panelists. Samples were individually served to each panel member, under red light to avoid visual differences. Salt-free crackers and water were available for ingestion by the panel members between samples to cleanse their palate. Panel members evaluated juiciness from 1 = extremely dry to 7 = extremely juicy; initial and overall tenderness from 1 = extremely tough to 7 = extremely tender; pork flavor from 1 = extremely bland to 7 = extremely intense. Off-flavor intensity was also assessed using an eight-point scale (0 = none, 1 = extremely bland to 8 = extremely intense). Four sessions were carried out.

Statistical Analysis

Data was analyzed in a completely random design, while for the sensory analysis, a panelist was used as block to improve precision (Gacula, 1993). Analysis was conducted using the GLM SAS procedure (Version 9.3, Cary, NC). Normality of residuals and homogeneity were assessed by Shapiro-Wilk and Levene ($p > 0.05$). When ANOVA resulted in a significant p -value ($p < 0.05$), means were compared using Tukey test ($p < 0.05$).

Results and discussion

Weight gain and carcass characteristics

Effects of the finishing diets in weight gain and carcass characteristics are presented in table 2. Inclusion of LO and EGP in the concentration reported did not affect the ADG, animal age at slaughtering, feed conversion, HCY, initial pH, pH at 24 h, drip loss, visual color or marbling, LEA, BFT at first rib, BFT at last rib and BFT at LLV when compared to the CONT diet. This is in agreement with studies published by Corino et al. (2008), Matthews et

al. (2000) and Okrouhlá et al. (2013), in which a effect on animal Weight Gain characteristics due to linseed oil addition to their diets was not found. On the other hand, lumbar backfat thickness differed between treatments LO and CONT in the present study, possibly due to increased energy availability in LO diet (Cline et al, 2006). In addition, changes in carcass composition, which shifted between lean tissue and fat, can be attributed to the degree of maturity of animals. When animals approach maturity, there is a significant decrease in lean tissue development, which can decline to zero when the animal reaches adult body size. In this situation, as long as there is no energy limitation, swine can continue depositing fat.

Meat quality

There was no effect with regard to diets in the centesimal composition, cholesterol, water-holding capacity (WHC), cooking loss (CL) and in the texture profile analysis (TPA) as shown in table 3.

TBARS values were higher in the meat of swine finished with 7%EGP than LO and CONT. Lipid oxidation levels quantified in the present study were low, ranging from 0.008 to 0.056 mg MDA/kg of muscle. Authors are attributing this finding to the initial phase of the oxidative process and different results could be observed if meat oxidative stability was assessed over a longer period of refrigeration in aerobic conditions. O'Grady et al. (2008), in a study using grape seed extract, evaluated the oxidative stability for 16 days stored at 4 °C and showed a reduction in lipid oxidation at days 8 and 12, in the group whose feed contained 700 mg/kg of grape seed extract.

Gray and Pearson (1987) suggested 1 mg of MDA/kg in the muscle as a threshold for the organoleptic detection of rancidity. Thus, the possible EGP antioxidant effect may have been limited in the initial storage period which is in agreement with reports from Bertol et al. (2017), that did not get a protective effect on the meat lipids by the use of GP in swine finishing diet. Possibly, longer periods of GP inclusion in the diet or shelf-life analysis can detect antioxidant effect on pork. According to O'Grady et al. (2008), hydrophilic and chemical nature of compounds present in GP can influence bioavailability, absorption, metabolism and metabolite excretion from animal organism. Thus, antioxidant effect, measured by TBARS production was not detected in the present study.

Meat color is the main feature affecting consumers buying decision as redness is associated with freshness, with regard to color parameters presented in table 3, there was no statistically difference among diets for L*, a*, b*, c* (saturation), and Hue angle H* values. Bertol et al. (2017) got an increased intensity of a* when feeding swine with 6 to 10% GP, levels that are higher than the ones found in the present study, showing that GP reduced myoglobin oxidation, even though lipid oxidation values were not altered.

Fatty acids profile

Reducing the n-6 / n-3 ratio is a major challenge for the development of healthier meat products. Therefore, the United Nations Food and Agriculture Organization (FAO / WHO) recommends balancing n-6 and n-3 FA intake and Wood et al. (2004) recommend that the n-6 / n-3 ratio in meat is less than 4, thus reducing the risk of health problems. Unbalanced PUFA levels may favor the onset of many chronic diseases, and are of great concern to human health, as high intakes of n-6 and n-3 are related to the increased incidence of inflammatory and autoimmune diseases, various types of cancer and cardiovascular disease (Lee et al., 2012). This is significant because pork with modified FA profiles is of nutritional advantage and health benefits for an average pork consumer the meat (Corino et al., 2014).

Table 4 shows that swine fed with diets containing LO and EGP presented a increase in n-3 FA and PUFA levels when compared to CONT. Accordingly, PUFA/SFA ratio raised and n-6/n-3 ratio lowered, indicating that a final product with improved quality is obtained with diets LO, 3.5% and 7%EGP. Once n-6/n-3 ratio was in the recommended range (lower than 4), it conferred healthier characteristics to the food product in order to fulfill the demands from consumers concerned with their health due to the low SFA content and healthy n-6/n-3 ratio (Rubilar et al., 2012).

Increased deposition of n-3 in meat was also reported by other studies using LO supplementation in swine diet (Kouba et al., 2003; Corino et al., 2008; Juárez et al., 2011; Turner et al., 2014; Jiang Jiang et al., 2017; Tonnac et al., 2017). This increase occurs due to the lipid profile of linseed oil, characterized by its high PUFA content (45 to 55% of total FA), especially n-3, being MUFA content moderate and SFA low.

Sensory panel results are presented in table 5 and show no statistically difference in sensory characteristics in meats obtained from animals fed different diets, results similar to previous studies (Matthews et al., 2000; Kouba et al., 2003). Although there was a remarkable and desirable modification in the lipid profile of swine fed LO and EGP enriched diets, with increased n-3 and PUFA levels, an off-flavor difference was not detected among the different treatments.

Conclusion

Inclusion of LO reduces the deposition of SFA and increases n-3 PUFA levels, mostly C18:3n-3, C20:3n-3 e C20:5n-3 in LT muscle, reducing n-6/n-3 ratio to values under 4:1.

Inclusion of LO did not alter sensory perception of pork, which demonstrates that it is possible to obtain pork enriched with n-3 and offer consumers a product with improved functional and/or nutraceutical properties. Even though the present study could not evidence the antioxidant effect of EGP inclusion in swine diet on the meat lipid oxidation at the levels used, this by-product can be used in the finishing of swine with no detriment to the weight gain and meat quality. Possibly, the protective effects of lipid oxidation were not verified due to the low levels of EGP inclusion in the present study, therefore, it is suggested to continue the studies with higher inclusion levels, as well as evaluations of the oxidative stability of the lipid meat over time.

Acknowledgements

The authors would like to thank the Coordination for the Improvement of Higher Education Personnel (CAPES, Brazil) for the scholarship provided by the social demand program (DS, Brazil) for the first author, and the National Council for Scientific and Technological Development (CNPq, Brazil) for the productivity in Research Grant for the last author.

Authors' Contributions

Conception and design, or analysis and interpretation of data: Trombetta, F.; Fruet, A.P.B.; Fonseca, F.A.P.; Stefanello, S.F.; Tonetto, C.J.; Souza, M.N.A.; Rosado Jr., A.G.; Nörnberg, J.L. Drafting the article or revising it critically for important intellectual content: Trombetta, F.; Fruet, A.P.B.; Rosado Jr., A.G.; Nörnberg, J.L. Final approval of the version to be published: Trombetta, F.; Fruet, A.P.B.; Rosado Jr., A.G.; Nörnberg, J.L.

References

- Aberle, E.D., Forrest, J.C., Gerrard, D.E. and Mills, E.W. 2001. Principles of meat processing. *Principles of meat science* (4): 117-153.
- Ader, P., Wessmann, A. and Wolfram, S. 2000. Bioavailability and metabolism of the flavonol quercetin in the pig. *Free Radical Biology and Medicine* 28(7):1056-67.

AMSA. 2015. American meat science association. Research guidelines for cookery, sensory evaluation and instrumental tenderness measurements of meat. (2) AMSA, Champaign, Illinois, USA. Available in: <<http://www.meatscience.org/docs/default-source/publications-resources/amsa-sensory-and-tenderness-evaluation-guidelines/research-guide/2015-amsa-sensory-guidelines-1-0.pdf?sfvrsn=6>> [Accessed 06April 2018].

Association of official analytical chemists - International [AOAC]. 1995. Official methods of analysis. 16th. AOAC, Gaithersburg, Maryland, USA.

Brazilian Association of Pig Breeders - [ABCS]. 1973. Brazilian Method of Carcass Classification. Estrela, Brazil.

Bertol, T.M., Ludke, J.V., Lemes de Campos, R.M., Kawski, V.L., Cunha, A.J. and Figueiredo, E.A.P. 2017. Inclusion of grape pomace in the diet of pigs on pork quality and oxidative stability of omega-3 enriched fat. *Ciência Rural* 47 (4): 1678-4596.

Carpentier, S.C., Dens, K., van den Houwe, I., Swennen, R. and Panis, B. 2007. Lyophilization, a practical way to store and transport tissues prior to protein extraction for 2-DE analysis? *Practical Proteomics* 1: 64-69.

Christle, W.W. 1982. A simple procedure for rapid transmethylation of glicerolipids and cholesterol esters. *Journal of Lipid Research* 23 (7): 1072-5.

Cline, P.M., Tsai, T.C., Stelzleni, A.M., Dove, C.R., Azain, M. 2016. Interaction of dietary energy and protein on growth performance, carcass characteristics and digestibility in finishing barrows when fed at a constant digestible lysine to metabolizable energy ratio. *Livestock. Science*. 184: 1-6.

Contini, C., Alvarez, R., O'Sullivan, M., Dowling, D.P., Gargan, S.O. and Monahan, F.J. 2014. Effect of an active packaging with citrus extract on lipid oxidation and sensory quality of cooked turkey meat. *Meat Science* 96 (3): 1171-1176.

Corino, C., Musella, M. and Mouro, J. 2008. Influence of extruded linseed on growth, carcass composition, and meat quality of slaughtered pigs at one hundred ten and one hundred sixty kilograms of liveweight. *Journal of Animal Science* 86(8): 1850-1860.

Corino, C., Rossi, R., Cannata, S., Ratti, S. 2014. Effect of dietary linseed on the nutritional value and quality of pork and pork products: Systematic review and meta-analysis. *Meat Science* 98: 679-688.

Dwyer, K., Hosseinian, F. and Rod, M. 2014. The market potential of grape waste alternatives. *Journal Food Research* 3 (2): 91-106.

Gacula, M.C. 1993. Design and analysis of sensory optimization. Trumbull, Connecticut, Food and Nutrition Press 32.

- Gray, J.I. and Pearson, A.M. 1987. Rancidity and warmed-over flavour. In A. M. Pearson and T. R. Dutson (Eds.). *Advances in meat research* 4 (3): 221-269.
- Hara, A. and Hadin, N.S. 1978. Lipid extraction of tissues of low toxicity solvent. *Analytical Biochemistry* 90 (1): 420-426.
- Jiang Jiang, Xinyue Tang, Yan Xue, Gang Lin, Youling L. and Xiong. 2017. Dietary linseed oil supplemented with organic selenium improved the fatty acid nutritional profile, muscular selenium deposition, water retention, and tenderness of fresh pork. *Meat Science* 131: 99-106.
- Juarez, M., Dugan, M.E.R., Aldai, N., Aalhus, J.L., Patience, J.F., Zijlstra, R.T. and Beaulieu, A.D. 2011. Increasing omega-3 levels through dietary co-extruded flaxseed supplementation negatively affects pork palatability. *Food Chemistry* 126 (4): 1716-1723.
- Kajla, P. Sharma, A. Sood, D.R. 2015. Flaxseed—a potential functional food source. *Journal of Food Science and Technology*. 52 (4): 1857-1871.
- Kouba, M., Enser, M., Whittington, F.M., Nute, G.R. and Wood, J.D. 2003. Effect of a high-linolenic acid diet on lipogenic enzyme activities, fatty acid composition, and meat quality in the growing pig. *Journal of Animal Science* 81 (8):1967–1979.
- Lee, S.P.S., Dart, A.M., Walker, K.Z., O'dea, K., Chin, J.P.F. and Skilton, M.R. 2012. Effect of altering dietary n-6:n-3 PUFA ratio on cardiovascular risk measures in patients treated with statins: A pilot study. *The British Journal of Nutrition* 108 (7):1280-1285.
- Mahan, K.L, Stump, E.S., Raymond, J.L. and Krause's 2012. *Food, nutrition and diet therapy*. 13th ed. Saunders.
- Matthews, K.R., Homer, D.B., Thies, F. and Calder, P.C. 2000. Effect of whole linseed (*Linum usitatissimum*) in the diet of finishing pigs on growth performance and on the quality and fatty acid composition of various tissues. *British Journal of Nutrition* 83 (6): 637-643.
- Mourot, J. and Hermier, D. 2001. Lipids in monogastric animal meat. *Reproduction Nutrition Development* 41 (2): 109-118.
- Nguyen, L.Q., Everts, H. and Beynen, A.C. 2004. Influence of dietary linseed, fish and coconut oil on growth performance of growing pigs kept on smallholdings in central Vietnam. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition* 88 (5-6): 204-210.
- Nuernberg, K., Fischer, K., Nuernberg, G., Kuechenmeister, U., Klosowska, D., Eliminowska-Wenda, G., Fiedler, I. and Ender, K. 2005. Effects of dietary olive and linseed oil on lipid

- composition, meat quality, sensory characteristics and muscle structure in pigs. *Meat Science* 70 (1): 63-74.
- O'Grady, M.N., Carpenter, R., Lynch, P.B., O'Brien, N.M. and Kerry, J.P. 2008. Addition of grape seed extract and bearberry to porcine diets: Influence on quality attributes of raw and cooked pork. *Meat Science* 78 (4): 438-446.
- Okrouhlá, M., Stupka, R., Čítek, J., Šprysl, M. and Brzobohatý, L. 2013. Effect of dietary linseed supplementation on the performance, meat quality, and fatty acid profile of pigs. *Czech Journal of Animal Science* 58 (6): 279-288.
- Osório, J.C., Osório, M.T., Jardim, P. 1998. Métodos para avaliação de carne ovina: "in vivo", na carcaça e na carne. Editora: Universidade Federal de Pelotas, cap 3,107.
- Raharjo, S., Sofos, J.N. and Schmidt, G.R. 1992. Improved speed, specificity and limit of determination of an aqueous acid extraction thiobarbituric acid-C18 method for measuring lipid peroxidation in beef. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 40 (11): 2182-2185.
- Ramos, E.M. and Gomide, L.A.M. 2007. Evaluation of meat quality: fundamentals and methodologies. Viçosa, MG, Brazil 22 ed. UFV, 599.
- Romans, J.R., Johnson, R.C., Wulf, D.M., Libal, G.W. and Costello, W.J. 1995. Effects of ground flaxseed in swine diets on pig performance and on physical and sensory characteristics and omega-3 fatty acid content of pork: I. Dietary level of flaxseed. *Journal of Animal Science* 73:1982-1986.
- Rostagno, H.S. et al. 2005. Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais, Departamento de Zootecnia, 2ª Ed. Viçosa: UFV,
- Rubilar, M., Morales, E., Contreras, K., Ceballos, C., Acevedo, F., Villarroel, M. and Shene, C. 2012. Development of a soup powder enriched with microencapsulated linseed oil as a source of omega-3 fatty acids. *European Journal of Lipid Science and Technology* 114 (4): 423-433.
- Saldanha, T., Mazalli, M.R. and Bragagnolo, N. 2004. Comparative evaluation between two methods for determining cholesterol in meat and milk. *Food Science and Technology* 24 (1): 109-113.
- Simopoulos, A.P, Leaf, A. and Salem N.Jr. 2000. Workshop statement on the essentiality of and recommended dietary intakes for omega-6 and omega-3 fatty acids. *Prostaglandins, Leukotrienes and Essential Fatty Acids* 119-121.
- Soto-Cerda, B.J., Duguid S. Booker, H., Rowland, G., Diederichsen, A., Cloutier, S., 2014. Association mapping of seed quality traits using the Canadian flax (*Linum usitatissimum* L.) core collection. *Theoretical and Applied Genetics*.127: 881–896.

- Soto, M., Falqué, E. and Domínguez, H. 2015. Relevance of natural phenolics from grape and derivative products in the formulation of cosmetics. *Cosmetics* 2 (3): 259-276.
- Tonial, I.B., Oliveira, F.D., Coelho, A.R., Matsushita, M., Garcia, C.F.A., Evelaziode Souza, N. and Visentainer, J. V. 2014. Quantification of essential fatty acids and assessment of the nutritional quality indexes of lipids in tilapia alevins and juvenile tilapia fish. *Journal of Food Research* 3: 105-114.
- Tonnac A.De., Karim-Luisset, S. and Mourot, J. 2017. Effect of different dietary linseed sources on fatty acid composition in pig tissues. *Livestock Science* 203: 124-131.
- Turner T.D., Mapiye, C., Aalhus, J.L., Beaulieu, A.D., Patience J.F., Zijlstra R.T. and Dugan M.E.R. 2014. Flaxseed fed pork: n-3 fatty acid enrichment and contribution to dietary recommendations. *Meat Science* 96 (1): 541-547.
- Valencak, T.G., Gamsjäger, L., Ohrnberger, S., Culbert, N.J. and Ruf, T. 2015. Healthy n-6/n-3 fatty acid composition from five European game meat species remains after cooking. *BMC Research Notes* 8 (1): 273.
- Wood, J.D., Richardson, R.I., Nute, G.R., Fisher, A.V., Campo, M.M., Kasapidou, E., Sheard, P.R. and Enser, M. 2004. Effects of fatty acids on meat quality: A review. *Meat Science* 66 (1): 21-32.
- Yan L. and Kim I.H. 2011. Effect of dietary grape pomace fermented by *Saccharomyces boulardii* on the growth performance, nutrient digestibility and meat quality in finishing pigs. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences* 24 (12): 176 -1770.
- Zhu, F., Du, B., Zheng, L., Li, J. 2015. Advance on the bioactivity and potential applications of dietary fibre from grape pomace. *Food Chemistry*. 186: 207-212.

Table 1. Ingredients and composition of experimental diets, centesimal composition, fatty acids profile and phenolic compounds

	DIETS			
	¹ CONT	¹ OL	¹ 3.5%EGP	¹ 7.0% EGP
Ingredients(g/kg)				
Corn	822	786	754	718
Soybean meal	144	150	145	139
Mineral-Vitamin Premix*	34	34	37	39
Linseed oil	0	30	30	30
Ensiled grape pomace**	0	0	34	74
Diet composition (g/kg of dry matter)				
Moisture	7.09	6.88	9.47	12.06
Crude protein	18.54	17.98	17.44	17.49
Ashes	6.59	6.39	6.30	6.21
Neutral detergent fiber	14.58	14.14	15.34	16.53
Ether extract	5.45	8.29	8.30	8.32

Non-fibrous carbohydrates	54.84	53.19	52.32	51.45
Phenolic compounds (mg/100g)	-	-	2.20	4.41

²Diet Fatty acids profile (g/100g fatty acids methyl esters)

14:0	0.86	0.84	0.81	0.79
16:0	34.93	34.07	33.14	32.21
16:1n-7	0.62	0.60	0.59	0.58
18:0	7.09	7.04	6.92	6.80
18:1n-9	23.95	23.84	23.71	23.59
18:2n-6	29.65	29.19	30.14	31.10
18:3n-3	1.52	3.04	3.25	3.47
20:0	0.42	0.41	0.41	0.40
SFA	43.30	42.36	41.28	40.21
MUFA	24.57	24.44	24.31	24.17
PUFA	31.17	32.22	33.39	34.56
<i>n6</i>	29.65	29.19	30.14	31.10
<i>n3</i>	1.52	3.04	3.25	3.47

*Minerals (Mg, Mn, Fe, Cu, Zn, Se), Vitamins (A, B1, B2, B6, B12, D, K, Biotin (B3)), Aminoacids (Lysine, Methionine, Tryptophan, Histidine, Isoleucine, Leucine, Threonine, Valine, Arginine, Phenylalanine).

** 28%DM

¹CONT = Control; LO = 3% linseed oil; 3.5%EGP = linseed oil and 3.5% ensiled grape pomace; 7.0%EGP = linseed oil and 7.0% ensiled grape pomace.

²C14:0, myristic acid; C16:0, palmitic acid; C16:1n7, palmitoleic acid; C18:0, stearic acid; C18:1n9, oleic acid; C18:2n6, linoleic acid; C18:3n3, alpha-linolenic acid; C20:0, arachidic acid; SFA – saturated fatty acids; MUFA – monounsaturated fatty acids; PUFA – polyunsaturated fatty acids; *n3* = C18:3n3; *n6* = C18:2n6.

Table 2. Weight Gain and carcass characteristics of pigs feed experimental diets

	¹ CONT	¹ LO	¹ 3.5% EGP	¹ 7.0%EGP	<i>p</i> -value	SME
² ADG (kg/day)	0.85	0.84	0.81	0.86	0.6539	0.014
Animal age at slaughter (days)	180.90	181.81	184.09	175.45	0.2298	1.50
Feed conversion	2,99	3,02	3,09	2,91	0,1200	0,12
² HCY (%)	82.70	84.89	84.45	81.59	0.3800	0.44
Initial pH	6.11	5.91	5.94	6.01	0.0503	0.028
pH 24h	5.34	5.30	5.28	5.30	0.2415	0.005
Drip loss (%)	7.42	10.66	7.9	8.6	0.2364	0.65
Subjective color	3.36	3.27	2.90	3.54	0.1940	0.47

Subjective marbling	2.72	2.81	3.18	2.54	0.2561	0.55
² LEA	41.82	45.48	49.11	46.68	0.5120	1.55
² BFT 1 st rib(mm)	3.71	4.18	4.10	3.75	0.1605	0.08
² BFT 13 th rib(mm)	2.00	2.38	2.17	2.34	0.0720	0.05
² BFT LLV(mm)	3.26	3.43	3.68	3.58	0.1521	0.06
² BFT 11 th -12 th (mm)	1.57 ^b	1.96 ^a	1.62 ^{ab}	1.69 ^{ab}	0.0495	0.05

Means followed by different letters on the same line differ among themselves ($p < 0.05$). SME = Standard mean error;

¹CONT = Control; LO = 3% linseed oil; 3.5%EGP = linseed oil and 3.5% ensiled grape pomace; 7.0%EGP = linseed oil and 7.0% ensiled grape pomace.

²ADG = Average daily gain; HCY = Hot carcass yield, LEA = Loin eye area, BFT 1st rib = Backfat thickness at the level of the first rib; BFT 13th rib = Backfat thickness at the level of the last rib; BFT LLV= Backfat thickness at the level of the last lumbar vertebrae; BFT 11th-12th= Backfat thickness at the level of the 11th and 12th ribs.

Table 3. Cholesterol, water-holding capacity, centesimal composition and meat quality assessment in *Longissimus thoracis* muscle of swine fed with the diets experimental

	¹ CONT	¹ LO	¹ 3.5%EGP	¹ 7.0% EGP	<i>p</i> -value	SME
Cholesterol (mg/100g)	64.94	66.69	64.04	65.89	0.5071	0.64
² WHC (g 100/g)	64.30	63.06	65.46	65.43	0.5514	0.67
² CL	33.65	37.07	36.15	35.30	0.1501	0.50
Lipids (g/100g)	7.39	7.16	7.66	7.05	0.1964	0.11
Moisture (g/100g)	70.85	71.60	71.55	72.13	0.1269	0.18
Ashes (g/100g)	1.11	1.11	1.12	1.15	0.8795	0.02
Protein (g/100g)	21.51	21.35	20.86	20.96	0.4022	0.15
TBARS	0.008 ^c	0.023 ^{cb}	0.035 ^{ab}	0.053 ^a	<.0001	0.003
COLOR						
Lightness (L*)	50.48	47.01	53.68	53.80	0.4341	0.44
Redness (a*)	12.10	10.80	11.36	12.58	0.5257	0.42
Yellowness (b*)	12.04	11.30	13.06	13.51	0.3182	0.44
Saturation (C*)	141.52	162.57	159.19	171.99	0.5313	2.86
Hue angle (H*)	46.02	46.01	46.93	47.04	0.1084	0.20
TEXTURE						
Warner-Bratzler shear force (N)	5.28	5.30	5.77	4.97	0.6012	0.19
Hardness (N)	193.58	221.89	200.36	208.79	0.3012	5.27
Cohesiveness	0.41	0.41	0.39	0.40	0.5124	0.0052
Adhesiveness (N.cm)	-0.03	-0.04	-0.01	-0.00	0.0630	0.0062
Springiness	1.34	1.27	1.30	1.42	0.1822	0.022
Chewiness (N)	110.50	115.81	102.07	120.50	0.4503	3.83
Resilience	0.18	0.19	0.17	0.17	0.5929	0.0038

Means followed by different letters on the same line differ among themselves ($p < 0.05$); SME = Standard mean error

¹CONT = Control; LO = 3% linseed oil; 3.5%EGP = linseed oil and 3.5% ensiled grape pomace; 7.0%EGP = linseed oil and 7.0% ensiled grape pomace.

²WHC = Water-holding capacity; CL = Cooking loss.

Table 4: Fatty acids profile, quantified in mg/g of FAME, from swine fed with the diets experimental

	¹ CONT	¹ LO	¹ 3.5%EGP	¹ 7.0% EGP	<i>p</i> -value	SME
² 14:0	14.03 ^a	12.41 ^b	12.32 ^b	12.18 ^b	0.0057	0.22
² 16:0	228.42 ^a	210.87 ^b	209.79 ^b	208.84 ^b	0.0024	2.30
² 16:1n7	26.60	23.55	23.53	23.14	0.4352	0.52
² 18:0	124.95	116.39	115.51	115.60	0.0439	1.39
² 18:1n9	341.75	337.65	323.54	318.67	0.5170	3.39
² 18:2n6	69.37 ^b	71.05 ^b	79.78 ^{ab}	83.84 ^a	0.0110	1.17
² 18:3n3	3.24 ^b	28.24 ^a	28.44 ^a	28.78 ^a	<.0001	1.8
² 20:0	2.65	2.12	2.11	2.09	0.5733	0.16
² 20:1n9	7.08 ^a	5.80 ^b	5.70 ^b	5.69 ^b	<.0001	0.13
² 20:4n6	11.38 ^a	6.51 ^b	6.52 ^b	6.57 ^b	<.0001	0.42
² 20:3n3	0.72 ^b	4.90 ^a	4.80 ^a	4.82 ^a	<.0001	0.29
² 20:5n3	0.39 ^b	2.71 ^a	2.60 ^a	2.66 ^a	<.0001	0.17
² 22:4n6	2.25 ^a	0.74 ^b	0.67 ^b	0.66 ^b	<.0001	0.12
² SFA	370.05 ^a	341.79 ^b	339.73 ^b	338.71 ^b	0.0028	3.60
² MUFA	375.43	367.00	352.77	347.50	0.0830	3.33
² PUFA	87.36 ^b	112.78 ^a	122.81 ^a	126.90 ^a	<.0001	3.30
² PUFA/SFA	0.23 ^b	0.33 ^a	0.36 ^a	0.37 ^a	<.0001	0.12
² n6	83.00	78.30	86.97	91.07	0.2877	2.30
² n3	4.35 ^b	35.85 ^a	35.84 ^a	35.82 ^a	<.0001	2.08
² n6/n3	19.82 ^a	2.18 ^b	2.42 ^b	2.53 ^b	<.0001	1.10

Means followed by different letters on the same line differ among themselves ($p < 0.05$); SME = Standard mean error

¹CONT = Control; LO = 3% linseed oil; 3.5%EGP = linseed oil and 3.5% ensiled grape pomace; 7.0%EGP = linseed oil and 7.0% ensiled grape pomace.

²C14:0, myristic acid; C16:0, palmitic acid; C16:1n7, palmitoleic acid; C18:0, stearic acid; C18:1n9, oleic acid; C18:2n6, linoleic acid; C18:3n3, alpha-linolenic acid; C20:0, arachidic acid; C20:1n9, eicosenoic acid; C20:4n6, arachidonic acid; C20:3n3, eicosatrienoic acid; C20:5n3, eicosapentaenoic acid (EPA), C22:4n6, adrenic acid; SFA – saturated fatty acids (C14:0, C16:0, C18:0, C20:0) MUFA – monounsaturated fatty acids (C16:1n7, C18:1n9, C20:1n9); PUFA – polyunsaturated fatty acids (C18:2n6, C18:3n3, C20:4n6, C20:3n3, C20:5n3, C22:4n6); *n*6 (C18:2n6, C20:4n6, C22:4n6); *n*3 (C18:3n3, C20:3n3, C20:5n3).

Table 5: Sensory evaluation of *longissimus thoracis* muscle from swine fed with the diets experimental

	¹ CONT	¹ LO	¹ 3.5%EGP	¹ 7.0% EGP	<i>p</i> -value	SME
² Juiciness	5.33	5.25	5.08	5.00	0.4844	0.07 1
² Softness	5.25	5.42	5.04	5.08	0.4884	0.07 1
² Overall	4.29	4.33	4.21	4.33	0.9654	0.07 1
² Flavor	0.29	0.25	0.54	0.42	0.6930	0.07 1
Off-	6.50	6.50	6.50	6.50	-	0.07

³Flavor

1

Means followed by different letters on the same line differ among themselves ($p < 0.05$); SME = Standard mean error

¹CONT = Control; LO = 3% linseed oil; 3.5%EGP = linseed oil and 3.5% ensiled grape pomace; 7.0%EGP = linseed oil and 7.0% ensiled grape pomace.

²seven-point scale: 1 = extremely dry, tough and mild to 7 = extremely juicy and intense.

³eight-point scale: 0 = none, 1 = extremely slight to 8 = extremely intense.

3.2 MANUSCRITO 2

Grape pomace presentes lipid oxidation pork meat enriched with PUFA dietary supplementation with linseed oil.

F. Trombetta ^{a*}, A.P.B. Fruet ^{ac}, P.A.F. Fonseca ^a, F.S. Stefanello ^a, A.N.M. De Souza ^B, A. Rosado Júnior ^B, C.J. Tonetto ^B, J.L. Nörnberg ^a

^aDepartment of Food Science and Technology, Federal University of Santa Maria, Av. Roraima 1000, CEP 97105-900, Santa Maria, RS, Brazil

^bFarroupilha Federal Insitute, Rua Vinte de Setembro 2616, CEP 97420-000, São Vicente do Sul, RS, Brazil

^cAgriculture Department of Rio Grande do Sul State, Av. João de César, n.434, CEP 99070-140, Passo Fundo, RS, Brazil.

*Corresponding author: Francielle Trombetta, Email: frantrombetta@yahoo.com.br.

Artigo submetido na versão traduzida para a língua inglesa à revista

Meat Science

(configurado conforme as normas da revista)

Resumo

Este estudo avaliou o efeito da inclusão na dieta de suínos de óleo de linhaça (OL) e de bagaço de uva (BU) na qualidade e vida de prateleira da carne. Durante 90 dias, suínos cruzados ($n = 32$) foram alimentados com quatro dietas diferentes. Dieta controle a base de farelo de soja e milho (CONT); com adição de 3% de óleo de linhaça (3%OL); com 3% de óleo de linhaça e 3,5% de silagem de bagaço de uva em base seca (3,5%OLSBU); e dieta com 3% de óleo de linhaça e 7,0% de silagem de bagaço de uva em base seca (7%OLSBU). Foram avaliados o perfil de ácidos graxos, pH, oxidação proteica e lipídica e parâmetros de cor da carne sob refrigeração durante 12 dias de estocagem. As dietas contendo OL elevaram as concentrações de ácidos graxos n-3, AGPI, relação AGPI/AGS e reduziram drasticamente a proporção de n-6/n-3 quando comparado com a dieta CONT ($P < 0,05$). A carne de suínos terminados com a dieta 7%OLSBU apresentou similar oxidação lipídica a dieta CONT aos 12 dias de estocagem, ambas com valores inferiores às dietas 3%OL e 3,5%OLSBU ($p < 0,001$). Efeito de dieta e de período de estocagem foi observado para valores de pH, quando CONT apresentou maior valor de pH em relação as demais dietas, no sexto e nono dia de estocagem. No dia 12 de estocagem, proteínas carboniladas foram superiores no CONT quando comparado com os demais tratamentos. Houve interação entre dietas e período de estocagem para a^* , c^* e H^* ; efeito da dieta para L^* e b^* , CONT apresentou valores menores para L^* quando comparado com os demais tratamentos, enquanto que a dieta OL diferiu tendo um aumento dos demais nos valores de b^* . A inclusão de OL e SBU na dieta de terminação de suínos gerou um produto final com perfil lipídico desejável à saúde do consumidor e a inclusão de SBU ao nível de 7% resultou em carne com similar estabilidade lipídica à dieta controle.

Palavras chave: antioxidante, ômega 3, oxidação lipídica, perfil de ácidos graxos, vida de prateleira.

Abstract

This study evaluated the effect of dietary inclusion of linseed oil (OL) and grape pomace (BU) pigs on meat quality and shelf life. For 90 days, crossbred pigs (n = 32) were fed four different diets. Control diet based on soybean meal and corn (CONT); with the addition of 3% linseed oil (3% OL); with 3% linseed oil and 3.5% dry grape marc silage (3.5% OLSBU); and diet with 3% linseed oil and 7.0% of dry-weight grape marc silage (7% OLSBU). Fatty acid profile, pH, protein and lipid oxidation and meat color parameters under refrigeration during 12 days of storage were evaluated. Diets containing OL increased n-3 fatty acid concentrations, PUFA, PUFA/SFA ratio and drastically reduced the proportion of n-6/n-3 when compared to the CONT diet (P <0.05). Pig meat finished with the 7% OLSBU diet showed similar lipid oxidation to the CONT diet at 12 days of storage, both with values lower than the 3% OL and 3.5% OLSBU diets (p <0.001). Effect of diet and storage period was observed for pH values, when CONT presented higher pH value in relation to the other diets, on the sixth and ninth day of storage. On day 12 of storage, carbonylated proteins were superior in CONT when compared with the other treatments. There was interaction between diets and storage period for a *, c * and H *; Effect of diet for L * and b *, CONT presented lower values for L * when compared to the other treatments, while diet OL differed with an increase of the others in the values of b *. Inclusion of OL and SBU in the finishing pig diet resulted in a final product with a desirable lipid profile to the consumer's health and the inclusion of SBU at 7% resulted in meat with similar lipid stability to the control diet.

Keywords: antioxidant, omega 3, lipid oxidation, fatty acid profile, shelf life.

1.Introdução

O mercado da carne suína tem sido submetido a várias mudanças influenciadas pelas demandas dos consumidores, que têm focado na produção de carne mais magra e saudável (Cardenia et al., 2011). Sendo que a qualidade da carne ainda é o fator mais importante para a satisfação do consumidor (Xiong et al., 2017).

Além da nutrição, a palatabilidade e a estabilidade no armazenamento são importantes considerações de qualidade (Santos & Oliveira, 2012). A carne suína, fonte rica em proteínas, vitaminas e minerais, também contém altos níveis de lipídios, que têm sido tema de discussão devido às suas implicações para a saúde humana. As relações entre consumo de gordura e a incidência de transtornos relacionados ao estilo de vida, incluindo doenças cardiovasculares, estão bem estabelecidas e várias agências de saúde têm diretrizes específicas a esse respeito (Dugan et al., 2015; Troy et al., 2016). Com intuito de alterar o perfil lipídico da carne suína, o óleo de linhaça, rico em ácido α -linolênico (n-3) (Matics et al., 2017), tem sido uma das fontes lipídicas utilizadas na dieta suína para elevar o teor de n-3 na carne (Kouba et al., 2003, Juarez et al., 2010, Jiang et al., 2017, Tonnac et al., 2017, Trombetta et al., 2019). Do ponto de vista dos médicos e nutricionistas, a carne, como alimento saudável, deve conter baixa quantidade de gordura com um perfil de ácidos graxos adequado, especialmente com relação ao teor de ácidos graxos poli-insaturados (AGPI).

Além disso, para promover a saúde humana, recomenda-se que a relação ômega 6 (n-6)/ômega 3 (n-3) da carne seja inferior a 4 (Wood et al. 2004), este equilíbrio entre o consumo de AG n-6 e n-3 pode ser alcançado a partir de uma ingestão adequada de AG n-3 de acordo com a Organização/World Health Food and Agriculture Organization (FAO/OMS), uma vez que os mesmos são essenciais para o desenvolvimento cerebral, visão e sistema imunológico (Simopoulos, 2002).

A adição de AGPI n-3 na alimentação dos suínos contribui com a qualidade nutricional da carne para a alimentação humana, em contrapartida tal modificação no perfil lipídico aumenta a suscetibilidade à oxidação, podendo afetar a vida de prateleira da carne (wood, 2004). A oxidação é um fator limitante na qualidade e aceitabilidade da carne e dos produtos cárneos, pois afeta atributos como sabor, cor, reduz a vida útil e o valor nutricional. Os radicais livres costumam ser os iniciadores das reações oxidativas em cadeia associadas à incorporação de oxigênio, sendo os lipídios, pigmentos, proteínas e vitaminas os principais alvos dos produtos cárneos (Johnson & Decker, 2015; Legoyne et al., 2012; Soladoye et al., 2015).

Atualmente, estudos vem sendo conduzidos no sentido de minimizar processos oxidativos na carne através do fornecimento de antioxidantes naturais presentes em resíduos industriais, como o

bagaço de uva, na dieta animal (Bertol et al., 2017, Guerra-Rivas et al., 2016, Yan & Kim, 2011). Os resíduos que são produzidos em vinícolas são ricos em polifenóis, substâncias que demonstram benefícios à saúde como também um potencial uso como antioxidantes em preparações alimentícias ou na produção de fitoquímicos (Bulla et al., 2015; Jayaprakasha et al., 2003; Rockenbach et al., 2011a; Rockenbach et al., 2011b; Shinagawa et al., 2015). Os principais compostos fenólicos presentes no bagaço de uva são classificados em dois grupos: flavonóides (antocianinas, flavanóis, flavonóis e taninos) e não flavonóides (ácidos fenólicos) (Ramirez-Lopez & DeWitt, 2014). Antocianinas são pigmentos localizados principalmente em cascas de uvas tintas, enquanto os flavonóides não antociânicos estão localizados em sementes e caules (Xia et al., 2010).

Os compostos fenólicos presentes nos extratos de bagaço de uva exibem propriedades antioxidantes, anticancerígenas e antidiabéticas (Ruberto et al., 2007; Hogan et al., 2010; Parry et al., 2011; Zhou & Raffoul, 2012; González-Centeno et al., 2013), podendo retardar a oxidação lipídica durante a refrigeração de carnes, estendendo seu prazo de validade (Chamorro et al., 2015). Dada a sua atividade antioxidante, a inclusão desses subprodutos em rações não apenas aumentaria a estabilidade oxidativa da carne e reduziria a quantidade de aditivos antioxidantes sintéticos, mas também melhoraria a qualidade da carne através da adição desses antioxidantes naturais, contribuindo assim com a demanda do consumidor por produtos de carne mais saudáveis. Além disso, existem questões ambientais em relação ao descarte de bagaço de uva por apresentar alta carga orgânica e grande volume gerado pela indústria vitivinícola a cada safra (Fontana et al., 2013). A busca de usos para tais resíduos é benéfica para a economia, à sociedade e o meio ambiente (Devesa-Rey et al., 2011; Lavelli et al., 2014; Pedroza et al., 2012).

Desta forma, o objetivo deste estudo foi avaliar os efeitos da inclusão dietética de óleo de linhaça (como fonte de AGPI n-3) e de bagaço de uva (como fonte natural de antioxidantes) no perfil lipídico e estabilidade oxidativa da carne suína estocada sob refrigeração em embalagem aeróbica .

2. Material e métodos

2.1. Animais, dietas e manejo

O trabalho foi realizado com a aprovação do Comitê de Ética do Instituto Federal Farroupilha, Brasil, registrado no protocolo 10.662.072/0001-58. Um total de 32 suínos (8 machos e 8 fêmeas), filhos de matrizes da linhagem F1 (50% Large White x 50% Landrace) com cachaço da linhagem Embrapa MS115, com peso corporal médio de 48,6 kg, foram distribuídos aleatoriamente em quatro tratamentos com 8 animais por tratamento (4 machos e 4 fêmeas), com um período de adaptação de 14 dias. Os suínos foram alimentados com quatro dietas distintas: controle (CONT), 3% de óleo de linhaça (OL), 3% de óleo de linhaça e 3,5% de silagem de bagaço de uva em base seca (MS) (3,5% OLSBU), 3% de óleo de linhaça e 7% de silagem de bagaço de uva na MS (7% OLSBU). A dieta do

grupo controle foi composta por milho, farelo de soja e premix mineral-vitamínico, de forma a suprir as necessidades nutricionais da categoria animal (Rostagno et al., 2005). O óleo de linhaça foi incluído diretamente no misturador (tipo horizontal) durante o processo de preparação da ração. Todas as dietas foram elaboradas isoproteicas (Tabela 1).

O bagaço de uva foi obtido junto a Cooperativa Agrária, no município de Jaguari-RS, proveniente de uvas bordô (*Vitis Vinífera*) predominante da cultivar bordeaux - com a seguinte composição química (g / 100g de matéria seca): 11,5 de proteína bruta (PB), 4,0 de matéria mineral (MM), 48,0 de fibra em detergente neutro corrigida para cinzas (FDNc), 5,9 de extrato etéreo (EE), 29,9 de carboidratos não fibrosos e, 63,0 mg/100g de compostos fenólicos . O bagaço de uva foi ensilado em sacos de polietileno (nylon bag) (Sinuelo, Brasil) com dimensões de 51 cm x 110 cm e espessura de 200 micras (capacidade aproximada de 40 kg), no mesmo dia em que foram prensados na vinícola, transportados para o local da pesquisa e, armazenados em local coberto e arejado. Com objetivo de proporcionar adequada homogeneização da SBU com os demais ingredientes das dietas experimentais, o material foi peneirado em malha de aço inoxidável com abertura de 8 mm, antes de ser misturado.

Os animais foram alojados em baias de concreto com lâmina d'água, equipada com bebedouros tipo Byte Ball e cochos lineares com 1,2 m² por animal. Semanalmente os suínos foram pesados para controle do peso corporal. Ao atingirem o peso de 120 kg, os animais foram abatidos, as carcaças resfriadas até atingirem 4°C e 24 horas post mortem e o músculo *Longissimus thoracis et lumborum* foi coletado.

2.2. Perfil de ácidos graxos

Uma porção do músculo *Longissimus thoracis et lumborum* foi usada para determinar os valores de lipídios totais (Hara e Radin, 1978) e perfil de ácidos graxos (Christie, 1982). Metil ésteres de ácidos graxos (FAME) foram quantificados usando um cromatógrafo a gás (GC) (Agilent, 45,813-01, CA, EUA) equipado com detector de ionização por chama (FID). As separações foram realizadas utilizando coluna capilar de sílica fundida (0,25 mm x 60 m, Supelco SP™ -2362, PA, EUA). A temperatura do forno foi programada de 100 °C a 240 °C, enquanto a temperatura do injetor e do detector foram de 250 °C e 280 °C, respectivamente. O gás transportador foi nitrogênio a um fluxo de 0,6 ml por minuto. Os ácidos graxos foram identificados por comparação dos tempos de retenção com padrões conhecidos (mix 37, éster metílico do ácido linoléico; cis-7,10,13,16,19 - éster metílico docosapentaenóico). Os ácidos graxos foram quantificados pela incorporação de um padrão interno com concentração conhecida, ácido metil-tricosanóico (C23: 0), em cada amostra previamente à metilação, assim como, usando fator de correção teórico e fator de conversão de éster metil para ácido graxo, de acordo com metodologia proposta por Tonial et al. (2014).

2.3. Vida de Prateleira

No laboratório, cinco porções do músculo *longissimus thoracis et lumborum* de 2,5 cm de espessura de cada animal foram armazenadas a 4°C, em bandejas de poliestireno e embaladas com papel filme permeável ao oxigênio. Cada fatia foi utilizada para análise em um dos cinco períodos de armazenamento: 0, 3, 6, 9 e 12 dias de refrigeração. Em tais períodos de estocagem foram avaliados pH, parâmetros de cor, estabilidade lipídica e proteica.

A determinação das substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS) foi realizada conforme método proposto por Raharjo et al. (1992). Os resultados foram calculados a partir de uma curva padrão de 1,1,3,3- tetraetoxipropano (TEP) (T9889, Sigma-Aldrich, St. Louis, USA) e expressos em miligramas de malonaldeído por kg de amostra. O conteúdo proteico foi avaliado pelo método de Lowry et al. (1951), enquanto a concentração de proteínas carboniladas foi determinada pelo método de Levine et al. (1990).

A cor instrumental foi registrada por meio dos parâmetros de luminosidade (L^*), intensidade de vermelho (a^*), intensidade de amarelo (b^*), saturação (c^*) e do ângulo de tonalidade (H^*) usando um Minolta Chromameter (CM-700D, Minolta Inc., Japão) com uma área de medição de 8 mm de diâmetro, um A iluminante e com o observador padrão de 10°. O pH foi mensurado com pHmetro (Testo205, BR), calibrado previamente ao início da análise usando soluções padrão pH 7 e 4. Para efetuar a leitura, 10 g de amostra moída era misturada com 90 mL de água deionizada e homogeneizadas por 30 segundos.

2.4 Análise estatística

Os dados foram analisados em delineamento inteiramente casualizado. A análise foi conduzida utilizando o procedimento GLM do SAS (Versão 9.3, Cary, NC) para análise do perfil lipídico. O procedimento MIXED do SAS foi usado para avaliar a estabilidade oxidativa e pH durante os 12 dias de estocagem sob refrigeração. Efeitos fixos e interações foram avaliadas usando análise de variância com nível de 5 % de significância e as médias foram comparadas utilizando o teste de Tukey ($P < 0,05$).

3. Resultados e discussão

Os ácidos graxos da dieta são absorvidos inalterados no intestino e incorporados nos lipídios teciduais da carne de suíno e das aves, portanto, a composição de ácidos graxos da carne dessas espécies pode ser facilmente alterada através da dieta (Wood & Enser, 1997). O ácido α -linolênico (n-3) é encontrado principalmente no óleo de linhaça, assim, suínos alimentados com dietas em que foi adicionado óleo de linhaça apresentaram os níveis mais altos de ácidos α -linolênico ($p < 0,001$). Como mostra a Tabela 2 os suínos alimentados com OL, 3,5%OLSBU e 7%OLSBU obtiveram aumento

significativo nos níveis de AG n-3 e dos AGPI quando comparados ao CONT. Ao mesmo tempo, os ácidos graxos saturados (AGS) reduziram nos grupos onde foi adicionado OL e SBU. Desta forma, a relação AGPI/AGS elevou e a relação n-6/n-3 reduziu, indicando um produto final de melhor qualidade nutricional quando utilizadas as dietas OL, 3,5% e 7.0% OLSBU, já que os valores de n-6/n-3 permaneceram dentro do limiar recomendado, conferindo características mais saudáveis para o produto alimentício, atendendo assim às demandas dos consumidores preocupados com a saúde devido ao seu baixo teor de AGS e à relação saudável n-6/n-3 (Ayerza, et al., 2005; Rubilar et al., 2012).

Uma tendência semelhante no aumento dos níveis dos AG n-3 pela suplementação de OL também foi relatada em outros estudos com suínos (Wood et al., 2004 ; Corino et al., 2008; Kouba et al., 2003; Jiang Jiang et al., 2017; Juárez et al., 2011; Nuernberg et al., 2005; Tonnac et al., 2017; Turner et al., 2014). A maior deposição de n-3 na carne ocorre devido ao perfil lipídico do OL que é caracterizado pelo elevado teor de AGPI, com ênfase no n-3, os quais representam cerca de 45 a 55% de ácidos graxos totais, sendo que o conteúdo de AGMI é moderado e o nível de AGS é baixo. Portanto, como consequência dos esforços para obter aumento dos AGPI e a redução AGS, também contribui para sua rápida oxidação lipídica (Guillén & Uriarte, 2012, Wood (1990, 1997).

3.1.Vida de Prateleira

A estabilidade oxidativa do *longissimus thoracis et lumborum* (LTL) refrigerado foi avaliada nos dias 0, 3, 6, 9 e 12 de armazenamento em 4°C. Os valores de ácido tiobarbitúrico (TBARS), como mostra a tabela 3, para todos os grupos aumentaram durante o armazenamento refrigerado, como consequência da peroxidação lipídica. Os suínos que receberam dieta enriquecida somente com óleo de linhaça tiveram níveis de oxidação significativamente ($P < 0,05$) mais elevados durante o período de vida de prateleira do que os suínos que receberam a dieta controle, sendo influenciadas pela gordura insaturada incluída na dieta, que proporcionou maior deposição de n-3.

A carne de suínos alimentados com 7% OLSBU apresentaram uma estabilidade oxidativa superior no dia 12 quando comparado com os suínos alimentados com OL . Dieta CONT e 7% OLSBU obtiveram similares níveis de oxidação lipídica ao final do período de estocagem. Tais resultados demonstram que a inclusão de 7% de silagem de bagaço de uva tem efeito antioxidante capaz de gerar estabilidade oxidativa semelhante a dieta CONT, porém em um produto com perfil lipídico mais susceptível a oxidação devida à incorporação de AGPI. O'GRADY et al. (2008) em estudo com extrato de semente de uva na estabilidade oxidativa da carne por 16 dias de armazenado a 4°C, verificaram redução da oxidação lipídica com emprego de 700mg/kg de dieta..

Estudos usando somente linhaça na dieta de suínos relataram aumento nos valores de TBARS na carne fresca (Hoz et al., 2003; Kouba et al., 2003;. Nuernberg et al., 2005). Segundo Yan e Kim

(2011), a inclusão de BU diminuiu valores de TBARS da carne suína, indicando que a suplementação de BU aumenta o valor antioxidante da carne suína, como também outros estudos demonstraram a eficácia de compostos fenólicos alimentares a fim de reduzir a peroxidação lipídica (Chamorro et al., 2015, Peiretti et al., 2013, Sheard et al., 2000).

Efeito de dieta ($p < 0,001$) e de período de estocagem ($p < 0,001$) foi observado para valores de pH. A carne de suínos terminados com a dieta OL e SBU apresentou um aumento nos valores de pH quando comparado com as dietas CONT. Uma queda suave do pH traz consequência benéfica a carne, como a manutenção da cor (Felicio, 1986). O mesmo autor sugere, ainda, que o pH normal da carne suína fique entre 5,3 e 5,7 o que está em acordo com os valores obtidos durante o período de estocagem da carne.

A estabilidade de proteica frente à oxidação durante a armazenagem foi influenciada pela interação ($P < 0,05$). Os valores elevados foram observados no dia 6 de avaliação seguido de uma redução. Estudo realizado por Botsoglou (2012) mostra que a degradação oxidativa de proteínas no músculo LT durante o armazenamento a 4°C aumenta somente após 9 dias de estocagem. A oxidação de proteínas leva à formação de carbonilas e ligações cruzadas de proteínas, diminuindo a solubilidade, a maciez da carne, e a suculência (Lund et al., 2011), sendo uma das questões inovadoras na avaliação da qualidade da carne. Isto porque o tecido muscular contém quantidades elevadas de proteínas que desempenham papel fundamental sobre as propriedades sensoriais, nutricionais e físico-químicas da carne e de produtos cárneos. No entanto, durante o processo de oxidação proteica há indesejável instabilidade estrutural que resulta em perda de qualidade da carne (Li, Xiong & Chen, 2012).

A cor da carne é o principal atributo sensorial que afeta a decisão de compra do consumidor, já que a cor vermelha está associada ao frescor (Morrissey et al., 1998). Conforme os parâmetros de cor apresentados na tabela 5, pode-se observar que, houve efeito de dieta para o parâmetro Luminosidade (L^*) ($p < 0,0001$) e para o parâmetro amarelamento (b^*) ($p < 0,0284$). Os suínos alimentados com OL e SBU apresentaram superiores valores de L^* e b^* somente OL quando comparados ao grupo controle. Valores mais altos de luminosidade estão positivamente correlacionados com o índice de amarelecimento (Insausti et al., 2008; Luciano et al., 2009) e ambos estão associados ao total de lipídios no músculo.

Valores de A^* (vermelhidão) diminuíram no músculo *LTL* ao longo do período de armazenamento, houve interação entre as dietas, mas mostra que a SBU não contribuiu com a estabilidade da cor (Tabela 4). A oxidação lipídica afeta diretamente a qualidade da carne como também do produto e do sabor, cor e valores nutricionais (Petron et al., 2007, Cheng, 2016). A oxidação pode ser induzida por potenciais iniciadores, como espécies reativas de oxigênio derivadas de lipídios (Estévez, 2011; Lund et al., 2011), enquanto os radicais formados a partir da oxidação de

lipídios e proteínas podem acelerar ainda mais a oxidação de forma recíproca (Faustman et al., 2010).

Os efeitos de interação entre dieta e dias de estocagem foram observados para valores de índice de saturação (C^*) ($P=0,0003$) e ângulo de tonalidade (H^*) ($P < .0001$), apresentados na tabela 4. Valores de C^* houve interação para os animais alimentados com OL. Houve interação entre dieta e dias de estocagem para valores de ângulo H^* ($p < .0001$). O ângulo de tonalidade (H^*) dos suínos alimentados com dieta 7%OLSBU diferenciou dos suínos CONT, OL e 3%OLSBU, nos dias 6 e 9. O H^* , que expressa a tonalidade de uma amostra, é usado para quantificar a mudança de cor da carne nas condições oferecidas por a^* e b^* . Portanto, aumentos nos valores de H^* é o resultado de uma diminuição de a^* em relação ao b^* (Gao et al., 2014).

Estes resultados confirmam que a carne suína sofreu descoloração ao longo dos dias de estocagem, definida principalmente pela perda de vermelhidão, e estão de acordo com os relatados por outros autores (Estévez et al., 2003; Haak et al., 2009; Rodríguez-Carpena et al., 2011) em carne durante o armazenamento refrigerado. A coloração indica a oxidação na superfície do músculo, sendo aumentada pela pressão de oxigênio presente no meio e reduzida pela presença de propriedades oxidantes como radicais livres (Amin, 2014). Isso é significativo porque a carne suína com esses perfis modificados de AG é uma vantagem nutritiva e benefícios para a saúde de um consumidor de carne suína (Corino et al., 2014).

Conclusão

A adição de óleo de linhaça ao nível de 3% na dieta de suínos contribui para elevar a deposição de AG n-3, AGPI e reduzir AGS. Mesmo havendo aumento de um importante fator pró-oxidante, AGPI, a inclusão de silagem de bagaço de uva ao nível de 7% (base seca) protege contra a oxidação lipídica. A inclusão de silagem de bagaço de uva na dieta de terminação de suínos pode ser uma opção para viabilizar incremento de ácidos graxos poli-insaturados, benéficos a saúde dos consumidores, sem prejuízo da qualidade sensorial e a vida de prateleira do produto final.

Agradecimentos

Os autores gostariam de agradecer à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES, Brasil) pela bolsa de estudos oferecida pelo programa de demanda social (DS, Brasil) para o primeiro autor, e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), Brasil pela produtividade no Bolsa de Pesquisa do último autor.

Referências

- Amin, M., Kiefer, C., Feijo, G. L.D., Gonçalves, L. M. P., Souza, K. M. (2014). Níveis de energia líquida e ractopamina na qualidade da carne suína. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*, Salvador, 15,2, 484-492.
- Association of official analytical chemists - International [AOAC]. (1995). *Official methods of analysis*. 16th. AOAC, Gaithersburg, Maryland, USA.
- Ayerza, R., Coates, W., Lauria, M. (2002). Chia Seed (*Salvia hispanica* L) as an Omega-3 Fatty Acid Source for Broilers: Influence on Fatty Acid Composition, Cholesterol and Fat Content of White and Dark Meats, Growth Performance, and Sensory Characteristics. *Poultry Science*, Oxford, 81, 6, 826-837.
- Bertol, T.M., Ludke, J.V., Lemes de Campos, R.M., Kawski, V.L., Cunha, A.J. Figueiredo, E.A.P. (2017). Inclusion of grape pomace in the diet of pigs on pork quality and oxidative stability of omega-3 enriched fat. *Ciência Rural* 47, 4, 1678-4596.
- Botsoglou E., Govaris A., Fletouris D., Iliadis S.(2012). Olive leaves (*Olea europea* L.) and α -tocopheryl acetate as feed antioxidants for improving the oxidative stability of α -linolenic acid-enriched eggs. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 97, 740-753.
- Bulla, M. K., Hernandez, L., Baesso, M. L., Nogueira, A. C., Bento, A. C., Bortoluzzi, B. B., Serra, L. Z., Cortez, D. A. G. (2015). Evaluation of photoprotective potential and percutaneous penetration by photoacoustic spectroscopy of the *Schinus terebinthifolius* Raddi extract. *Photochemistry and Photobiology*, 91, 558-566.
- Cardenia, V., Rodriguez-Estrada, M. T., Cumella, F., Sardi, L., Della Casa, G., & Lercker, G. (2011). Oxidative stability of pork meat lipids as related to high-oleic sunflower oil and vitamin E diet supplementation and storage conditions. *Meat Science*, 88, 271–279.
- Chamorro, S., Viveros, A., Rebolé, A., Rica, B. D., Arija, I., Brenes, A. (2015). Influence of dietary enzyme addition on polyphenol utilization and meat lipid oxidation of chicks fed grape pomace. *Food Research International*, 73, 197-203.
- Cheng, J. H. (2016). Lipid oxidation in meat. *Journal of Nutrition & Food Sciences*, 6, 1-3.
- Christie, W.W. (1982). A simple procedure for rapid transmethylation of glicerolipids and cholesterol esters. *Journal of Lipid Research* 23, 7, 1072-5.
- Corino, C., Musella, M., Mourot, J. (2008). Influence of extruded linseed on growth, carcass composition, and meat quality of slaughtered pigs at one hundred ten and one hundred sixty kilograms of liveweight. *Journal of Animal Science* 86, 8, 1850-1860.
- Corino, C., Rossi, R., Cannata, S., Ratti, S. (2014). Effect of dietary linseed on the nutritional value and quality of pork and pork products: Systematic review and meta-analysis. *Meat Science* 98, 679-688.
- Devesa-Rey, R., Vecino, X., Varela-Alende, J. L., Barral, M. T., Cruz, J. M., Moldes, A. B. (2011). Valorization of winery waste vs. the costs of not recycling. *Waste Management*, 31, 2327-2335.
- Dugan, M. E., Vahmani, P., Turner, T. D., Mapiye, C., Juárez, M., Prieto, N., Aalhus, J. L. (2015). Pork as a source of omega-3 (n-3) fatty acids. *Journal of Clinical Medicine*, 4, 12, 1999–2011.

- Estevez, I., Keeling, L.J., Newberry, R.C. (2003). Decreasing aggression with increasing group size in young domestic fowl. *Applied Animal Behaviour Science*, 84, 213-218.
- Faustman, C., Sun, Q., Mancini, R., & Suman, S. P. (2010). Myoglobin and lipid oxidation interactions: Mechanistic bases and control. *Meat Science*, 86, 86-94.
- Felício, P.E. O ABC do PSE/DFD. (1986). *Alimentos e tecnologia*, 10, 54-57.
- Fontana, A. R., Antonioli, A., Bottini, R. (2013). Grape pomace as a sustainable source of bioactive compounds: Extraction, characterization, and biotechnological application of phenolics. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 61, 8987–9003.
- Gao, D., Xu, Z., Kuang, X., Qiao, P., Liu, S., Zhang, L, He, P., Jadwiga, W.S., Wang, Y., Min, W. (2014). Molecular characterization and expression analysis of the autophagic gene Beclin 1 from the purple red common carp (*Cyprinus carpio*) exposed to cadmium. *Comparative Biochemistry and Physiology Part C: Toxicology & Pharmacology*, 160, 15-22.
- González-Centeno, M. R., Jourdes, M., Femenia, A., Simal, S., Rosselló, C., Teissedre, P.-L. (2013). Characterization of polyphenols and antioxidant potential of white grape pomace byproducts (*Vitis vinifera* L.). *J. Agricultural and Food Chemistry*, 61, 11579-11587.
- Guerra-Rivas a, C., Vieira, C., Rubio, B., Martínez, B., Gallardo, B., Mantecón, A.R., Lavínc, P., Manso, T. (2016). Effects of grape pomace in growing lamb diets compared with vitamin E and grape seed extract on meat shelf life. *Meat Science*, 116, 221-229.
- GuiLLén, M.D.e Uriarte, P.S. (2012). Simultaneous control of the evolution of the percentage in weight of polar compounds, iodine value, acyl groups proportions and aldehydes concentrations in sunflower oil submitted to frying temperature in an industrial fryer. *Food Control*, 24, 50-56.
- Haak, P., Lenski, M., Hidecker, M. J. C., Li, M., Paneth, N. I. (2009). Cerebral palsy and aging. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 51, 16-23.
- Hara, A. and Hadin, N.S. (1978). Lipid extraction of tissues of low toxicity solvent. *Analytical Biochemistry*, 90, 1, 420-426.
- Hogan, S., Zhang, L., Sun, J. Li, S., Canning, C., Zhou, K. (2010). Antioxidant rich grape pomace extract suppresses postprandial hyperglycemia in diabetic mice by specifically inhibiting alpha-glucosidase. *Nutrition & Metabolism*, 7,71.
- Hoz, L. Lopez-Boteb, C.J., Camberoc, M.I., D'Arrigoa, M., Pina, C., Santosa, C., Ordóñez, J.A. (2003). Effect of dietary linseed oil and a-tocopherol on pork tenderloin (*Psoas major*) muscle. *Meat Science*, 65, 1039-1044.
- Insausti, K., Beriain, M. J., Lizaso, G., Carr, T. R., Purroy, A. (2008). Multivariate study of different beef quality traits from local Spanish cattle breeds. *Animal*, 2, 447-458.
- Jayaprakasha, G. K., Selvi, T., Sakariah, K. K. (2003). Antibacterial and antioxidant activities of grape (*Vitis vinifera*) seed extracts. *Food Research International*, 36, 117-122.

- Jiang Jiang, Xinyue Tang, Yan Xue, Gang Lin, Youling L. Xiong. (2017). Dietary linseed oil supplemented with organic selenium improved the fatty acid nutritional profile, muscular selenium deposition, water retention, and tenderness of fresh pork. *Meat Science*, 131, 99-106.
- Johnson, D. R. e Decker, E. A. (2015). The role of oxygen in lipid oxidation reactions: a review. *Annual Review of Food Science and Technology*, 6, 171–190.
- Juarez, M., Dugan, M.E.R., Aldai, N., Aalhus, J.L., Patience, J.F., Zijlstra, R.T., Beaulieu, A.D. (2010). Increasing omega-3 levels through dietary co-extruded flaxseed supplementation negatively affects pork palatability. *Food Chemistry*, 126, 4, 1716-1723.
- Kouba, M., Enser, M., Whittington, F.M., Nute, G.R. Wood, J.D. (2003). Effect of a high-linolenic acid diet on lipogenic enzyme activities, fatty acid composition, and meat quality in the growing pig. *Journal of Animal Science*, 81, 8, 1967-1979.
- Lavelli, V., Sri Harsha, P. S., Torri, L., Zeppa, G. (2014). Use of winemaking by-products as an ingredient for tomato puree: the effect of particle size on product quality. *Food Chemistry*, 152, 162-168.
- Legoynie, C., Britz, T. J., e Hoffman, L. C. (2012). Impact of freezing and thawing on the quality of meat: Review. *Meat Science*, 91, 93-98.
- Levine, R. L., Garland, D., Oliver, C. N., Amici, A., Climent, I., Lenz, A. G. et al., (1990). Determination of carbonyl content in oxidatively modified proteins. *Methods Enzymology*, 186, 464–478.
- Li, C., Xiong, Y.L., Chen, J. 2012. Oxidation-induced unfolding facilitates myosin cross-linking by microbial transglutaminase. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 60, 38, 8020-8027.
- Lowry, O. H., Rosebrough, N. J., Farr, A. L., Randall, R. J. (1951). Protein measurement with the Folin phenol reagent. *Journal of Biological Chemistry*, 193, 263–275.
- Luciano, G.; Monahan, F.J.; Vasta, V. et al. Lipid and colour stability of meat from lambs fed fresh herbage or concentrate. *Meat Science*, v.82, p.193-199, 2009.
- Lund, M. N., Heinonen, M., Baron, C. P., Estévez, M. (2011). Protein oxidation in muscle foods: A review. *Molecular Nutrition & Food Research*, 55, 83-95.
- Matics, Z., Cullere, M., Szín, M., Gerencsér, Z., Szabó, A., Fébel, H., Szendrő, Z. (2017). Effect of a dietary supplementation with linseed oil and selenium to growing rabbits on their productive performances, carcass traits and fresh and cooked meat quality. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 101, 685–693.
- Morrissey, P. A. et al. (1998). Lipid stability in meat and meat products. *Meat Science*, 49, 73-S86.
- Nuernberg, K., Fischer, K., Nuernberg, G., Kuechenmeister, U., Klosowska, D., Eliminowska-Wenda, G., Fiedler, I., Ender, K. (2005). Effects of dietary olive and linseed oil on lipid composition, meat quality, sensory characteristics and muscle structure in pigs. *Meat Science*, 70, 63-74.
- O’Grady, M.N., Carpenter, R., Lynch, P.B., O’Brien, N.M. and Kerry, J.P. (2008). Addition of grape seed extract and bearberry to porcine diets: Influence on quality attributes of raw and cooked pork. *Meat Science*, 78, 4, 438-446.

- Parry, J. W., Li, H., Liu, J.H., Zhou, K., Zhang, L., Ren, S. (2011). Antioxidant activity, antiproliferation of colon cancer cells, and chemical composition of grape pomace. *Food Science and Nutrition* 2, 530-540.
- Petron, M. J., Raes, K., Claeys, E., Louren, M., Fremaut, D., De Smet, S. (2007). Effect of grazing pastures of different botanical composition on antioxidant enzyme activities and oxidative stability of lamb meat. *Meat Science*, 75, 737-745.
- Pedroza, M. A., Carmona, M., Pardo, F., Salinas, M. R., Zalacain, A. (2012). Waste grape skins thermal dehydration: potential release of colour, phenolic and aroma compounds into wine. *CyTA-Journal of Food*, 10, 225-234.
- Peiretti, P.G., Mussa, P.P, Forneris, G., Gai, F, Meineri, G. (2013). Performance and apparent digestibility of growing pigs fed diets with different fat sources and supplemented with organic red wine solids. *Livestock Research for Rural Development*, 25, 10.
- Raharjo, S., Sofos, J.N. and Schmidt, G.R. (1992). Improved speed, specificity and limit of determination of an aqueous acid extraction thiobarbituric acid-C18 method for measuring lipid peroxidation in beef. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 40, 11, 2182-2185.
- Ramirez-Lopez, L. M., e DeWitt, C. A. M. (2014). Analysis of phenolic compounds in commercial dried grape pomace by high-performance liquid chromatography electrospray ionization mass spectrometry. *Food Science and Nutrition*, 2, 470-477.
- Rockenbach, I. I., Rodrigues, E., Gonzaga, L. V., Caliar, V., Genovese, M. I., Gonçalves, A. E. S. S., Fett, R. (2011b). Phenolic compounds content and antioxidant activity in pomace from selected red grapes (*Vitis vinifera* L. and *Vitis labrusca* L.) widely produced in Brazil. *Food Chemistry*, 127, 174-179.
- Rockenbach, I. I., Gonzaga, L. V., Rizlino, V. M., Gonçalves, A., Genovese, M. I., Fett, R. (2011a). Phenolic compounds and antioxidant activity of seed and skin extracts of red grape (*Vitis vinifera* and *Vitis labrusca*) pomace from Brazilian winemaking. *Food Research International*, 44, 897-901.
- Rodríguez-Carpena, J., Morcuende, D., Andrade, M. J., Kylli, P., & Estévez, M. (2011). Avocado (*Persea americana* Mill) phenolics, in vitro antioxidant and antimicrobial activities, and inhibition of lipid and protein oxidation in porcine patties. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 59, 10, 5625-5635.
- Rostagno, H.S. et al. (2005). Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais, Departamento de Zootecnia, 2ª Ed. Viçosa: UFV.
- Ruberto, G., Renda, A., Daquino, C., Amico, V., Spatafora, C., Tringali, C. et al. (2007). Polyphenol constituents and antioxidant activity of grape pomace extracts from five Sicilian red grape cultivars. *Food Chemistry*, 100, 203-210.
- Rubilar, J.F., Cruz, R.M.S., Khmelinskii, I., Vieira, M.C., (2012). Antioxidant and optimal antimicrobial mixtures of carvacrol, grape seed extract and chitosan on different spoilage microorganisms and their application in different food matrices. *International Journal of Food Studies*.
- Santos, L. P., Morais, D. R., Souza, N. E., Cottica, S. M., Boroski, M., Visentainer, J. V. (2011). Phenolic compounds and fatty acids in different parts of *Vitis labrusca* and *V. vinifera* grapes. *Food Research International*, 44, 1414-1418.

- Sheard, P.R., Ensera, M., Wooda, J.D., Nutea, G.R., Gillb, B.P., Richardsona, R.I. (2000). Shelf life and quality of pork and pork products with raised n-3 PUFA. *Meat Science*, 55, 213-221.
- Shinagawa, F. B., Santana, F. C., Torres, L. R. O., Mancini-Filho, J. (2015). Grape seed oil: a potential functional food? *Food Science and Technology*, 35, 3, 399-406.
- Simopoulos, AP. (2002). The importance of the ratio of omega-6/omega-3 essential fatty acids. *Biomedicine & Pharmacotherapy*, 56, 2, 365-379.
- Soladoye, O. P., Juarez, M. L., Aalhus, J. L., Shand, P., Estévez, M. (2015). Protein oxidation in processed meat: mechanisms and potential implications on human health. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 14, 106–122.
- Tonial, I.B., Oliveira, F.D., Coelho, A.R., Matsushita, M., Garcia, C.F.A., Evelaziode Souza, N. and Visentainer, J. V. (2014). Quantification of essential fatty acids and assessment of the nutritional quality indexes of lipids in tilapia alevins and juvenile tilapia fish. *Journal of Food Research*, 3, 105-114.
- Tonnac A.De., Karim-Luisset, S. and Mourot, J. (2017). Effect of different dietary linseed sources on fatty acid composition in pig tissues. *Livestock Science*, 203, 124-131.
- Trombetta, F. Fruet A P B, Stefanello F S, Fonseca P A F, Souza A N M, Tonetto C J, Rosado Júnior A G, Nörnberg J L. (2019). *International Food Research journal*.
- Troy, D. J., Tiwari, B. K., Joo, S.T.(2016). Health implications of beef intramuscular fat consumption. *Korean Journal for Food Science of Animal Resources*, 36,5, 577.
- Turner T.D., Mapiye, C., Aalhus, J.L., Beaulieu, A.D., Patience J.F., Zijlstra R.T. and Dugan M.E.R. (2014). Flaxseed fed pork: n-3 fatty acid enrichment and contribution to dietary recommendations. *Meat Science*, 96, 1, 541-547.
- Wood, J.D. & Enser, M.(1997). Factors influencing fatty acids in meat and the role of antioxidants in improving meat quality. *British Journal of Nutrition*, 1, 49-60.
- Wood, M.L., Dizdaroglu, M., Gajewski, E., Essigmann, J.M. (1990). Mechanistic studies of ionizing radiation and oxidative mutagenesis: genetic effects of a single 8 hydroxyguanine (7-hydro-8-oxoguanine) residue inserted at a unique site in a viral genome *Biochemistry*, 29, 7024-7032
- Wood, J.D. Richardson, R.I., Nute, G.R., Fisher, A.V., Campo, M.M, Kasapidou, E., Sheard, P.R. (2004). Effects of fatty acids on meat quality: A review. *Meat Science*, 66, 1, 21-32.
- Xia, E.-Q., Deng, G.-F. , Guo, Y.-J. , Li, H.-B. (2010). Biological activities of polyphenols from grapes. *International Journal of Molecular Sciences*, 11, 622-646.
- Xiong, Z., Sun, D. W., Pu, H., Gao, W., & Dai, Q. (2017). Applications of emerging imaging techniques for meat quality and safety detection and evaluation: A review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 57, 4, 755-768.
- Yan L. 7 Kim I.H. (2011). Effect of dietary grape pomace fermented by *Saccharomyces boulardii* on the growth performance, nutrient digestibility and meat quality in finishing pigs. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 24, 12, 176 -1770.

Zhou, K. & Raffoul, J. J. (2012). Potential anticancer properties of grape antioxidants. Journal of Oncology.

Tabela 1. Ingredientes (g/kg), composição das dietas experimentais

	DIETAS			
	CONT	3%OL	3,5%OLSBU	7,0%OLSBU
Participação de ingredientes				
Milho grão moído	822	786	754	718
Farelo de soja	144	150	145	139
Núcleo Suipremium*	34	34	37	39
Óleo de linhaça	0	30	30	30
Silagem de bagaço uva**	0	0	34	74
Composição da dieta				
² Umidade	7,09	6,88	9,47	12,06
² PB	18,54	17,98	17,44	17,49
² CZ	6,59	6,39	6,30	6,21
² FDNc	14,58	14,14	15,34	16,53
² EE	5,45	8,29	8,30	8,32
² CNF	54,84	53,19	52,32	51,45
Compostos Fenólicos (mg/100g)	-	-	2,20	4,41
Taninos (g/L)	-	-	0,40	0,79
Perfil de ácidos graxos (g/100 g de ésteres metílicos de ácidos graxos)				
14:0	0,86	0,84	0,81	0,79
16:0	34,93	34,07	33,14	32,21
16:1n-7	0,62	0,60	0,59	0,58
18:0	7,09	7,04	6,92	6,80
18:1n-9	23,95	23,84	23,71	23,59
18:2n-6	29,65	29,19	30,14	31,10
18:3n-3	1,52	3,04	3,25	3,47
20:0	0,42	0,41	0,41	0,40
AGS	43,30	42,36	41,28	40,21
AGMI	24,57	24,44	24,31	24,17
AGPI	31,17	32,22	33,39	34,56
n6	29,65	29,19	30,14	31,10
n3	1,52	3,04	3,25	3,47

*Minerais (Mg, Mn, Fe, Cu, Zn, Se), Vitaminas (A, B1, B2, B6, B12, D, K, Biotina (B3)), Aminoácidos (Lisina, Metionina, Triptofano, Histidina, Isoleucina, Leucina, Treonina, Valina, Arginina, Fenilalanina).

** MS de 28%

¹SBU = silagem de bagaço de uva; OL = óleo de linhaça.

²PB = proteína bruta; EE = extrato etéreo; FDNc = fibra em detergente neutro corrigida por cinzas; CNF = carboidratos não-fibrosos (valores expressos em base seca).

C14:0, ácido mirístico; C16:0, ácido palmítico; C16:1n7, ácido palmitoleico; C18:0, ácido esteárico; C18:1n9, ácido oléico; C18:2n6, ácido linoleico; C18:3n3, ácido alfa-linolênico; C20:0, ácido araquídico; AGS - ácidos graxos saturados; AGMI - ácidos graxos mono-insaturados; AGPI - ácidos graxos poli-insaturados; n3 = C18:3n3; n6 = C18:2n6.

Tabela 2: Perfil de ácidos graxos da gordura do músculo LTL de suínos terminados com diferentes

dietas experimentais

	CONT	3%OL	3,5%OLSBU	7,0%OLSBU	P	EP
AGS	380,34 ^a	342,75 ^b	338,05 ^b	334,56 ^b	<.0001	3,00
AGMI	376,27	367,27	352,69	347,4	0,0670	3,33
AGPI	87,69 ^b	113,18 ^a	122,96 ^a	127,11 ^a	<.0005	3,40
AGPI/AGS	0,23 ^b	0,33 ^a	0,36 ^a	0,38 ^a	<.0001	0,012
n-6	83,3	78,08	86,98	90,99	0,1697	2,30
n-3	4,39 ^c	35,1 ^b	35,98 ^a	36,12 ^a	<.0001	2,08
n-6/n-3	18,97 ^a	2,22 ^b	2,42 ^b	2,52 ^b	<.0001	1,39

a, b ... (linha) - médias seguidas de letra diferente entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$); EP = Erro Padrão. AGS - ácidos graxos saturados (C14:0, C16:0, C18:0, C20:0) AGMI - ácidos graxos monoinsaturados (C16:1n7, C18:1n9, C20:1n9); AGPI - ácidos graxos poliinsaturados (C18:2n6, C18:3n3, C20:4n6, C20:3n3, C20:5n3, C22:4n6); n6 (C18:2n6, C20:4n6, C22:4n6); n3 (C18:3n3, C20:3n3, C20:5n3).

Tabela 3: Espécies reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS) em mg de MDA/Kg, proteína carbonilada (nmol/mg) avaliados no músculo *Longissimus thoracis et lumborum* armazenado por 12 dias sob refrigeração a 4°C de suínos alimentados com dietas experimentais

		0	3	6	9	12	Média	EP	P ¹
TBARS	CONT	0,01 ^{Bb}	0,02 ^{Cb}	0,11 ^{Bb}	0,45 ^{Ba}	0,46 ^{Ba}	0,21	0,02	<.0001
	3%OL	0,02 ^{Be}	0,12 ^{Ad}	0,52 ^{Ac}	1,03 ^{Ab}	1,4 ^{Aa}	0,63		
	3,5%OLSBU	0,04 ^{Ad}	0,09 ^{Ac}	0,31 ^{Ab}	1,11 ^{Aa}	1,2 ^{Aa}	0,55		
	7,0%OLSBU	0,05 ^{Ab}	0,06 ^{Bb}	0,28 ^{Bb}	0,74 ^{Aa}	0,8 ^{Ba}	0,39		
	Média	0,03	0,07	0,31	0,84	0,98			
Proteína Carbonil	CONT	1,37 ^{Bd}	3,01 ^{Ab}	3,92 ^{Aa}	1,29 ^{Ad}	2,27 ^{Ac}	2,38	0,046	<.0001
	3%OL	1,88 ^{Ab}	2,06 ^{Bb}	3,19 ^{Aa}	1,73 ^{Ab}	1,69 ^{Bb}	2,11		
	3,5%OLSBU	2,14 ^{Ab}	1,89 ^{Bb}	3,77 ^{Aa}	2,21 ^{Ab}	1,34 ^{Bc}	2,27		
	7,0%OLSBU	2,21 ^{Ab}	1,87 ^{Bb}	4,22 ^{Aa}	2,29 ^{Ab}	1,58 ^{Bb}	2,44		
	Média	1,90	2,21	3,77	1,88	1,72			

a, b ... (linha) e A,B...(coluna) - médias seguidas de letra diferente entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$); EP = Erro Padrão.

*valores obtidos de análises em triplicata; ¹Indica o valor P para um efeito de cada tratamento para cada variável.

Tabela 4: Parâmetros de cor instrumental (a*, C*, H*), do músculo *Longissimus thoracis et lumborum* armazenado por 12 dias sob refrigeração a 4°C de suínos alimentados com dietas experimentais

COR		0	3	6	9	12	EP	P ¹
A	CONT	11,60 ^{Ba}	11,45 ^{Aa}	10,20 ^{Ab}	9,47 ^{Ac}	8,59 ^{Ad}	0,08	<.0001
	3%OL	13,46 ^{Aa}	12,22 ^{Ab}	10,96 ^{Ac}	9,76 ^{Ad}	8,19 ^{Ae}		
	3,5%OLSBU	11,99 ^{Ba}	11,44 ^{Aa}	10,35 ^{Ab}	9,21 ^{Ac}	8,40 ^{Ad}		
	7,0%OLSBU	12,58 ^{Ba}	12,82 ^{Aa}	9,86 ^{Ab}	9,01 ^{Ac}	8,99 ^{Ac}		
C	CONT	141,52 ^{Bb}	150,5 ^{Ba}	134,98 ^{Ab}	131,52 ^{Bb}	135,99 ^{Ab}	1,72	0,0003
	3%OL	194,79 ^{Aa}	177,21 ^{Ab}	154,63 ^{Ac}	158,98 ^{Ac}	126,31 ^{Ad}		
	3,5%OLSBU	159,19 ^{Ba}	154,23 ^{Ba}	139,96 ^{Ab}	140,35 ^{Bb}	127,83 ^{Ab}		
	7,0%OLSBU	171,99 ^{Aa}	169,81 ^{Ba}	137,72 ^{Ab}	129,57 ^{Bb}	141,90 ^{Ab}		
H	CONT	45,99 ^{Ad}	48,39 ^{Ac}	51,44 ^{Bb}	54,64 ^{Ba}	57,38 ^{Aa}	0,17	<.0001
	3%OL	46,00 ^{Ae}	49,2 ^{Ad}	51,65 ^{Bc}	53,87 ^{Bb}	56,65 ^{Aa}		

3,5%OLSBU	47,39 ^{Ad}	49,12 ^{Ac}	51,54 ^{Bb}	55,45 ^{Ba}	58,63 ^{Aa}
7,0%OLSBU	47,04 ^{Ac}	48,44 ^{Ac}	53,39 ^{Ab}	57,38 ^{Aa}	52,96 ^{Ab}

a, b ... (linha) e A,B...(coluna) - médias seguidas de letra diferente entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$); EP = Erro Padrão.

¹ Indica o valor P para um efeito de cada tratamento para cada variável.

- valores obtidos de análises em triplicata.

Tabela 5: Parâmetros de cor instrumental (L^* , b^*) e valor de pH do músculo *Longissimus thoracis et lumborum* armazenado por 12 dias refrigerado em 4°C de suínos alimentados com dietas experimentais

	Dias de armazenamento					EP	P ¹
	0	3	6	9	12		
L^*	53,19 ^c	54,65 ^b	54,82 ^b	56,11 ^a	56,05 ^a	0,19	<.0001
B^*	13,23 ^a	13,49 ^a	13,19 ^a	13,65 ^b	13,59 ^a	0,07	0,0135
pH	5,31 ^b	5,31 ^b	5,47 ^a	5,52 ^a	5,35 ^b	0,008	<.0001

	Dietas				EP	P
	CONT	3%OL	3,5%OLSBU	7,0%OLSBU		
L^*	52,49 ^b	56,37 ^a	55,38 ^a	55,59 ^a	0,19	0,0132
B^*	12,89 ^b	13,96 ^a	13,25 ^b	13,60 ^b	0,07	0,0378
pH	5,48 ^a	5,34 ^b	5,38 ^b	5,37 ^b	3,40	<.0001

a, b ... (linha) - médias seguidas de letra diferente entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$); EP = Erro Padrão.

¹ Indica o valor P para um efeito de cada tratamento para cada variável.

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A carne suína é a mais consumida no mundo, e seu conteúdo de ácidos graxos e composição é diretamente influenciada pela dieta. A inclusão de OL reduz a deposição de AGS e aumentam os níveis de AGPI n-3, no músculo LTL, reduzindo a relação n-6/n-3 para valores abaixo de 4:1, sem alterar a percepção sensorial da carne suína. Entretanto a redução da estabilidade oxidativa da carne durante a armazenagem sob refrigeração. O BU mostrou protegeu contra a oxidação lipídica induzida pela suplementação com OL, resultante da estabilidade oxidativa similar ao controle, assim mostra que o BU pode ser utilizado no acabamento de suínos, sem prejuízo ao ganho de peso, na qualidade da carne e vida de prateleira do produto final. O que demonstra que é possível obter carne suína enriquecida com n-3 e oferecer aos consumidores um produto com melhores propriedades funcionais. Podendo ser uma alternativa para populações que o consumo de peixe ou produtos marinhos é baixo. Atendendo assim os consumidores preocupados com a saúde, fornecendo impulso a cadeia de valor da carne suína.

4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABARGHUEI, M.J.; ROUZBEHAN, Y.; ALIPOUR, D. The influence of the grape pomace on the ruminal parameters of sheep. *Livest. Sci.* 132, 73–79, 2010.

APPLE, J. K.; MAXWELL, C. V.; GALLOWAY, D. L.; HAMILTON, C. R.; YANCEY, J. W. S. Interactive effects of dietary fat source and slaughter weight in growing-finishing swine: II. Fatty acid composition of subcutaneous fat. *Journal of Animal Science*, v.87, p.1423-1440, 2009a.

APPLE, J. K.; MAXWELL, C. V.; GALLOWAY, D. L.; HAMILTON, C. R.; YANCEY, J. W. S. Interactive effects of dietary fat source and slaughter weight in growing-finishing swine: III. Carcass and fatty acid compositions. *Journal of Animal Science*, v.87, p.1441-1454, 2009b.

APPLE, J. K.; MAXWELL, C. V.; GALLOWAY, D. L.; HUTCHISON, S.; HAMILTON, C. R. Interactive effects of dietary fat source and slaughter weight in growing-finishing swine: I. Growth performance and longissimus muscle fatty acid composition. *Journal of Animal Science*, v.87, p.1407-1422, 2009c.

APPOLINÁRIO, P.P.; DEROGIS, P.B.M.C.; YAMAGUTI, T.H.; MIYAMOTO, S. Metabolismo, oxidação e implicações biológicas do ácido docosaheptaenoico em Doenças Neurodegenerativas. *Química Nova*. v.34, n.8, p.1-8, 2011.

ARAÚJO, P.F.A.; MEDINA, L.M.; ZAMBIAZI, A.L. Qualidade físico-química de manteigas de fabricação caseira, 2007.

BAGCHI, D.; BAGCHI, M.; STOHS, S. J.; DAS, D.K.; RAY, S.D.; KUSZYNSKI, C.A.; JOSHI, S.S.; PRUESS, H.G. Free radicals and grape seed proanthocyanidin extract: Importance in human health and disease prevention. *Toxicology*, v.148, p.187-197, 2000.

BAIL, S.; STUEBIGER, G.; KRIST, S.; UNTERWEGER, H.; BUCHBAUER, G. Characterization of various grape seed oils by volatile compounds, triacylglycerol composition, total phenols and antioxidant capacity. *Food Chem.* 108, 1122-1132, 2008.

BALASUNDRAM, N. et al. Phenolic compounds in plants and agri-industrial by-products: antioxidant activity, occurrence and potential uses. *Food Chemistry, Barking*, v.99, p.191-203, 2006

BENZ, J.M.; TOKACH, M.D.; DRITZ, S.S.; NELSEN, J.L.; DEROUCHÉY, J.M.; SULABO, R.C.; GOODBAND, R.D. Effects of choice white grease and soybean oil on growth performance, carcass characteristics, and carcass fat quality of growing-finishing pigs. *Journal of Animal Science*, v. 89, p.404-413, 2011.

BERNARDI, D. M.; BERTOL, T. M.; PFLANZER, S. B.; SGARBIERI, V. C.; POLLONIO, M. A. R. ω -3 in meat products: Benefits and effects on lipid oxidative stability. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 96(8), 2620–2634, 2016.

BERTOL, T.M.; LUDKEL, J. V.; DE CAMPOS, R.M.L; KAWSKI, V.L.; CUNHA A.J.; DE FIGUEIREDO, E.A.P. Inclusion of grape pomace in the diet of pigs on pork quality and oxidative stability of omega-3 enriched fat. *Ciência Rural*, Santa Maria, v.47: 04, 2017.

BERTOL, T.M.; SANTOS, J.I.F.; LUDKE, J.V.; CAMPOS, R.M.L. Enriquecimento da carne suína com ácidos graxos ômega-3 através da suplementação da dieta com óleos de canola e linho. *Comunicado Técnico*. Dezembro, Concórdia, SC, 2013.

BOURRE, J.M. Dietary omega-3 Fatty acids and psychiatry: mood, behaviour, stress, depression, dementia and aging. *Journal of Nutrition Health and Aging*. V. 9 p. 31-8, 2005.

BRASIL. Ministério da Saúde. Conselho Nacional de Saúde. Lei nº 9.836, de 23/09/1999. *Diário Oficial da União*, Brasília, 1999.

BREDA, J. Fundamentos de Alimentação, Nutrição e Dietética. Mar da Palavra Edições Ltda., Coimbra, Portugal. p. 21-25, 2003.

BUCHER, H.C.; HENGSTLER, P.; SCHINDLER, C.; MEIER G. Reviews: n-3 polyunsaturated fatty acids in coronary heart disease: a meta-analysis of randomized controlled trials. *The American Journal of Medicine*, v.112, n.4, p.298-304, 2002.

CARDENIA, V.; RODRIGUEZ-ESTRADA, M. T.; CUMELLA, F.; SARDI, L.; DELLA CASA, G.; 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*, 88, 271–279, 2011.

CARPENTER, R.; O'GRADY, M.N.; O'CALLAGHAN, Y.C.; O'BRIEN, N.M.; KERRY, J.P. Evaluation of the antioxidant potential of grape seed and bearberry extracts in raw and cooked pork. *Meat Sci* 76:604-610, 2007.

CAVA, R.; RUIZ, J.; VENTANAS, J.; ANTEQUERA, T. Oxidative and lipolytic changes during ripening of Iberian hams as affected by feeding regime: extensive feeding and alpha-tocopheryl acetate supplementation. *Meat Science*.v.52, p.165–172, 1999.

CHAIJAN, M. Review: Lipid and myoglobin oxidations in muscle foods. *Journal of Science and Technology*, v.30, p.47-53, 2008.

CHAN, E.J.; CHO, L. What can we expect from omega- 3 fatty acids? *Cleveland Clinic Journal of Medicine*.v.76, p.245-51, 2009.

CHEYNIER, V.; RIGAUD, J. HPLC separation and characterization of flavonols in the skins of *Vitisvinifera* var. Cinsault. *American Journal of Enology and Viticulture*, v.37, p.248–252, 1986.

CICERO, A.F.; DEROSA, G.; Di GREGORI, V.; BOVE, M.; GADDI, A.V.; BORGHI, C. Omega 3 polyunsaturated fatty acids supplementation and blood pressure levels in hypertriglyceridemic patients with untreated normal-high blood pressure and with or without metabolic syndrome: a retrospective study. *Clinical and Experimental Hypertension*.v.32, p.137-44, 2010.

COATES, A.M.; SIOUTIS, S.; BUCKLEY, J.D.; HOWE, P.R.C. Regular consumption of n-3 fatty acid-enriched pork modifies cardiovascular risk factors. *British Journal of Nutrition*, v.101, p.592-597, 2009.

CORINO, C.; ROSSI, R.; CANNATA, S.; RATTI, S. Effect of dietary linseed on the nutritional value and quality of pork and pork products: Systematic review and meta-analysis. *Meat Science* 98: 679-688, 2014.

CORINO,C; MUSELLA, M; MOUROT, J; Influence of extruded linseed on growth, carcass composition, and meat quality of slaughtered pigs at one hundred ten and one hundred sixty kilograms of liveweight. *Journal Animal Science*, 86:1850-1860, 2008.

DAMODARAN. S.; PARKIN. K.L.; FENNEMA, O.R. *Química de Alimentos de Fennema*. 4ª ed. Porto Alegre: Artmed. 900, 2010.

DE CATERINA, R.; ZAMPOLLI, A. Ômega 3 fatty acids, atherogenesis, and endotelial action. *Journal of Cardiovascular Medicine*. v. 8, n. 1, p. 11-14, 2007.

DE FELICE, S.L. The nutraceutical revolution: its impact on food industry R & D. *Trends in Food Science and Technology*. v.6, p.59-61, 1995.

DECKER, E.A.; AKOH, C.C.; WILKES, R.S. Incorporation of (n-3) fatty acids in foods: challenges and opportunities. *J Nutr*. 142(3):610-613, 2012.

DEL RIO, D.; RODRIGUEZ-MATEOS, A.; SPENCER, J.; TOGNOLINI, M.; BORGES, G.; CROZIER, A. Dietary (poly) phenolics in human health: structures, bioavailability, and evidence of protective effects against chronic diseases. *Antioxidants Redox Signal*. v.18 p.1818-92, 2013.

DEVATKAL, S.K.; NARSAIAH, K.; BORAH, A. Anti-oxidant effect of extracts of kinnow rind, pomegranate rind and seed powders in cooked goat meat patties. *Meat Science*. v.85, p.155–159, 2009.

DJILAS, S.; CANADANOVIC-BRUNET, J.; CETKOVIC, G. By-products of fruits processing as a source of phytochemicals. *Chemical Industry and Chemical Engineering Quarterly*, 15(4), 191-202, 2009.

DONG, D.; QI, Z. L.; HUA, Y. F.; CHEN, Y. M.; KONG, X. Z.; ZHANG, C. M.. Microencapsulation of flaxseed oil by soya proteins-gum arabic complex coacervation. *International Journal of Food Science and Technology*, 50(8), 1785-1791, 2015.

DWYER, K., HOSSEINIAN, F., ROD, M. The market potential of grape waste alternatives. *J. Food Res*. 3, 91-106, 2014.

ENSER, M.; RICHARDSON, R. I.; WOOD, J. D.; GILL, B. P.; SHEARD, P. R. Feeding linseed to increase the n–3 PUFA of pork: Fatty acid composition of muscle, adipose tissue, liver and sausages. *Meat Science*, v.55, p.201-212, 2000.

ENSER, M.; RICHARDSON, R. I.; WOOD, J. D.; GILL, B. P.; SHEARD, P. R. Feeding linseed to increase the n-3 PUFA of pork: Fatty acid composition of muscle, adipose tissue, liver and sausages. *Meat Science*, v.55, p.201-212, 2000.

FAGUNDES, L.A. Guia de alimentação natural: alimentos que nos ajudam a viver melhor. Porto Alegre, AGE, p. 83-91, 2003.

FALOWO, A.B.; FAYEMI, P.O.; MUCHENJE, V. Natural antioxidants against lipid protein oxidative deterioration in meat and meat products: A review. *Food Res Int.* 64:171-181, 2014.

FAO Sources of Meat. Available online: http://www.fao.org/ag/againfo/themes/en/meat/backgr_sources.html (acesso em 02 Dezembro 2019).

FAROOQUI, A.A. Lipid mediators in the neural cell nucleus: their metabolism, signaling and association with neurological disorders. *Neuroscientist*, v.4,p.392-407, 2009.

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.

FERREIRA, F.A.G. Nutrição Humana. Fundação Calouste Gulbenkian. Lisboa. p.69-78, 1983.

FORMANEK, Z.; KERRY, J. P.; HIGGINS, F. M.; BUCKLEY, D. J.; MORRISSEY, P. A.; FARKAS, J. Addition of synthetic and natural antioxidants tocopheryl acetate supplemented beef patties: Effects of antioxidants and packaging on lipidoxidation. *Meat Science*, 58, 337-341, 2001.

FRANCIS, F. J. Anthocyanins and betalains: composition and applications. *Cereal Foods World*. v. 45, p. 208-213, 2000.

GANDEMER, G. Lipids and meat quality: Lipolysis, oxidation, Maillard reaction and flavour. *Sciences des aliments*. v.19, p,439-458, 1999.

GARRIDO, M.D.; AUQUI, M.; MARTÍ, N.; LINARES, M.B. Effect of two different red grape pomace extracts obtained under different extraction systems on meat quality of pork burgers. *LWT - Food Sci. Technol.* 44, 2238-2243, 2011.

GOMES, M.R.G.; TIRAPEGUI, J. Lipídios. In: *Nutrição: Fundamentos e Aspectos atuais*. São Paulo: Editora Atheneu, p. 49-50, 2002.

GONZÁLEZ-CENTENO, M. R.; KNOERZER, K.; SABAREZ, H.; SIMAL, S.; ROSSELLÓ, C.; FEMENIA, A. Effect of acoustic frequency and power density on the aqueous ultrasonic-assisted extraction of grape pomace (*Vitis vinifera* L.)—A response surface approach. *Ultrasonics sonochemistry*, 21(6), 2176-2184, 2014.

GORDON, M. H. The development of oxidative rancidity in foods. In J. Pokorny, N. Yanishlieva, & M. Gordon (Eds.), *Antioxidants in food, practical application*. Cambridge, England: CRC Press, Woodhead Publishing Ltd. p.7-20, 2001.

GRAVADOR, R. S.; JONGBERG, S.; ANDERSEN, M. L.; LUCIANO, G.; PRIOLO, A., LUND, M. N. Dietary citrus pulp improves protein stability in lamb meat stored under aerobic conditions. *Meat Science*, v. 97, p.231-236, 2014.

GRAZIOLA, F.; SOLIS, V.S.; CURI, R. Estrutura química e classificação dos ácidos graxos, p.7-23. In: Curi, R., Pompéia, C., Miyasaka, C.K. & Procopio, J. (ed.) *Entendendo a gordura - Os ácidos graxos*. 1ª. ed. Editora Manole, Barueri, 2002.

GUENDEZ, R.; KALLITHRAKA, S.; MAKRIS, D.P.; KEFALAS, P. An analytical survey of the polyphenols of seeds of varieties of grape (*Vitisvinifera* sp.) cultivated in Greece: Implications for exploitation as a source of value-added phytochemicals. *Phytochemical Analysis*, v.16, p.17–23, 2005.

GUERRA-RIVAS, C.; VIEIRA, C., RUBIO, B.; MARTÍNEZ, B.; GALLARDO, B.; MANTECÓN, A.R.; LAVÍN, P.; MANSO, T. Effects of grape pomace in growing lamb diets compared with vitamin E and grape seed extract on meat shelf life. *Meat Sci.* 116, 221-229, 2016.

GUILLÉN, M.D.; URIARTE, P.S. Simultaneous control of the evolution of the percentage in weight of polar compounds, iodine value, acyl groups proportions and aldehydes concentrations in sunflower oil submitted to frying temperature in an industrial fryer. *Food Control*, v.24, p.50-56, 2012.

HALPERN, J.M. Capítulo 22 – Lipídeos: Definição, classificação e constituintes. In: *Bioquímica*. Lidel Edições Técnicas. p. 212-217, 1997.

HANGANU, A.; TODASCA, M.C.; CHIRA, N.A.; MAGANU, M.; ROSCA, S. The compositional characterization of Romanian grape seed oils using spectroscopic methods. *Food Chem.* 134, 2453–2458, 2012.

HARRIS, W. S. International recommendations for consumption of long chain omega-3 fatty acids. *Journal of Cardiovascular Medicine*, v.8, p.50-52, 2007.

HASLER, C.M. Functional foods: Their role in disease prevention and health promotion. *Food Technology*, v.52, n.11, p.52-63, 1998.

HRAS, A. R.; HADOLIN, M.; KNEZ, Z.; BAUMAN, D. Comparison of antioxidative and synergistic effects of rosemary extract with α -tocopherol, ascorbyl palmitate and citric acid in sunflower oil. *Food Chemistry*. v. 71, n.2, p. 229-233, 2002.

HUANG, F.R.; ZHAN, Z.P.; LUO, J.; LIU, Z.X.; PENG, J. Duration of dietary linseed feeding affects the intramuscular fat, muscle mass and fatty acid composition in pig muscle. *Livestock Science*. V.118, p.132-139, 2008.

IGNAT, I.; VOLF, I.; POPA, V.I. A critical review of methods for characterisation of polyphenolic compounds in fruits and vegetables. *Food Chem.* 126, 1821–1835, 2011.

JIANG JIANG; XINYUE TANG; YAN XUE; GANG LIN; YOULING L.; XIONG. Dietary linseed oil supplemented with organic selenium improved the fatty acid nutritional profile,

muscular selenium deposition, water retention, and tenderness of fresh pork. *Meat Science* 131: 99-106, 2017.

JUÁREZ, M.; DUGAN, M.E.R.; ALDAI, N.; AALHUS, J.L.; PATIENCE, J.F.; ZIJLSTRA, R.T.; BEAULIEU, A.D. Feeding co-extruded flaxseed to pigs: Effects of duration and feeding level on growth performance and backfat fatty acid composition of grower-finisher pigs. *Meat Science*, v.84, p.578-584, 2010.

JUÁREZ, M.; DUGAN, M.E.R.; ALDAI, N.; AALHUS, J.L.; PATIENCE, J.F.; ZIJLSTRA, R.T.; BEAULIEU, A.D. Increasing omega-3 levels through dietary co-extruded flaxseed supplementation negatively affects pork palatability. *Food Chemistry*, v.126, p.1716-1723, 2011.

KAJLA, P.; SHARMA, A.; SOOD, D. R. Flaxseed – A potential functional food source. *Journal of Food Science and Technology-Mysore*, 52(4), 1857-1871, 2015.

KALISH, B.T.; FALLON, E.M.; PUDER, M. A tutorial on fatty acid biology. *Journal of Parenteral and Enteral Nutrition*. v.36, p.380-388, 2012.

KAMMERER, D.; CLAUS, A.; CARLE, R.; SCHIEBER, A. Polyphenol screening of pomace from red and white grape varieties (*Vitis vinifera* L.) by HPLC-DAD-MS/ MS. *J. Agric. Food Chem.* 52, 4360–4367, 2004.

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

KOUBA, M.; ENSER, M.; WHITTINGTON, F.M.; NUTE, G.R.; WOOD, J.D. Effect of a high-linolenic acid diet on lipogenic enzyme activities, fatty acid composition, and meat quality in the growing pig. *Journal of Animal Science*. v.81, p.1967–1979, 2003.

KOUBA, M.; ENSER, M.; WHITTINGTON, F.M.; NUTE, G.R.; WOOD, J.D. Effect of a high-linolenic acid diet on lipogenic enzyme activities, fatty acid composition, and meat quality in the growing pig. *Journal of Animal Science*. v.81, p.1967–1979, 2003.

LANDS, B. Consequences of essential fatty acids. *Nutrients*. Westchester, v. 4, n. 9, p. 1338-1357, 2012.

LATTI, N.; ROUISSI, H.; OTHMANE, M. H. Milk production, milk fatty acid composition and conjugated linoléic acid (CLA) content in dairy ewes raised on feedlot or grazing pasture. *Livestock Science*. v. 104, p. 121-127, 2006.

LAURIDSEN, C.; NIELSEN, J. H.; HENCKEL, P.; SORENSEN, M. T. Antioxidative and oxidative status in muscles of pigs fed rapeseed oil, vitamin E, and copper. *Journal of Animal Science*, v.77, p.105-115, 1999.

LAWRIE, R.A. *Ciência da carne*. Tradução de Jane Maria Rubensan. 6.ed. Porto Alegre: Artmed, 2005. 384p.

LEGOYNIE, C.; BRITZ, T. J.; HOFFMAN, L. C. Impact of freezing and thawing on the quality of meat: Review. *Meat Science*, v. 91, p. 93-98, 2012.

LEHNNINGER, A.L.; NELSON, D.L.; COX, M.M. *Princípios da Bioquímica: Lipídios*. São Paulo: Editora Sarvier, p.179-199, 2002.

LI FU; BO-TAO XU; XIANG-RONG XU; REN-YOU GAN; YUAN ZHANG; EM-QINLORENZO J.M.; SINEIRO, J.; AMADO I.R.; FRANCO, D. Influence of natural extracts on the shelf life of modified atmosphere-packaged pork patties. *Meat Science*.v.66, p.21-32, 2013.

LORGERIL, M.D.; SALEN, P. Fish and n-3 fatty acids for the prevention and treatment of coronary heart disease: nutrition is not pharmacology. *The American Journal of Medicine*.v.112, n.4, p.316-319, 2002.

LOULI, V.; RAGOSSIS, N.; MAGOULAS, K. Recovery of phenolic antioxidants from wine industry by-products. *Bioresource Technology*, v.92, p.201-208, 2004.

LU, J.; BORTHWICK, F.; HASSANALI, Z.; WANG, Y.; MANGAT, R.; RUTH, M.; SHI, D.; JAESCHKE, A.; RUSSELL, J.C.; FIELD, C.J.; PROCTOR, S.D.; VINE, D.F. Chronic dietary n-3 PUFA intervention improves dyslipidaemia and subsequent cardiovascular complications in the JCR:LA- cp rat model of the metabolic syndrome. *British Journal of Nutrition*.v.105, p.1572-82, 2011.

LUCIANO, G.; PAUSELLI, M.; SERVILI, M.; MOURVAKI, E.; SERRA, A.; MONAHAN, F.J.; LANZA, M.; PRIOLO, A.; ZINNAI, A.; MELE, M. Dietary olive cake reduces the oxidation of lipids, including cholesterol, in lamb meat enriched in polyunsaturated fatty acids. *Meat Science*, v.93, p.703-714, 2013.

LUND, M. N.; HEINONEN, M.; BARON, C. P.; ESTÉVEZ, M. Protein oxidation in muscle foods: A review. *Molecular Nutrition & Food Research*, 55, 83–95, 2011.

LYBERG, A.; FASOLI, E.; ADLERCREUTZ, P. Monitoring the oxidation of docosahexaenoic acid in lipids. *Lipids*.v.40, p.969-979, 2005.

MADSEN, L.; RUSTAN, A.C.; VAAGENES, H.; BERGE, K.; DYROY, E.; BERGE, R.K. Eicosapentaenoic and docosahexaenoic acid affect mitochondrial and peroxisomal fatty acid oxidation in relation to substrate preference. *Lipids*, v.34, p.951-963, 1999.

MARTIN, C.A.; ALMEIDA, V.V.; RUIZM, R.; VISENTAINER, J. E. L.; MATSHUSHITAM; SOUZA, N. E.; VISENTAINER, J. V. Ácidos graxos poli-insaturados ômega 3 e ômega 6: importância e ocorrência em alimentos. *Revista de Nutrição*. v.19, p.761-70, 2006.

MARTIN, C.A.; ALMEIDA, V.V.; RUIZM, R.; VISENTAINER, J. E. L.; MATSHUSHITAM; SOUZA, N. E.; VISENTAINER, J. V. Ácidos graxos poli-insaturados ômega 3 e ômega 6: importância e ocorrência em alimentos. *Revista de Nutrição*. v.19, p.761-70, 2006.

MARTINEZ, G.A.; RBECCHI, S.; DECORTI, D.; DOMINGOS, J.M.B.; NATOLINO, A.; DEL RIO, D.; BERTIN, L.; DA PORTO, C.; FAVA, F. Towards multi-purpose biorefinery platforms for the valorisation of red grape pomace: production of polyphenols, volatile fatty acids, polyhydroxyalkanoates and biogas. *Green Chem.* 18, 261-270, 2016.

MATTHEWS, K. R.; HOMER, D.B.; THIES, F.; CALDER, P.C. (2000). Effect of whole linseed (*Linum usitatissimum*) in the diet of finishing pigs on growth performance and on the quality and fatty acid composition of various tissues. *British Journal of Nutrition*. V.83, p.637-643, 2000.

MEYDANI, S.N. Effect of (n-3) polyunsaturated fatty acids on cytokine production and their biologic function. *Nutrition*, New York, v.12, p.8-14, 1996.

MOLENA-FERNANDES, C.A. Avaliação dos efeitos da suplementação com farinha de linhaça (*Linum usitatissimum* L.) marrom e dourada sobre o perfil lipídico e a evolução ponderal em ratos Wistar. *Revista Brasileira de Plantas Mediciniais*. v.12, p.201-7, 2010.

MOREL, P. C.; JANZ, J. A.; ZOU, M.; PURCHAS, R. W.; HENDRIKS, W. H.; WILKINSON, B. H. The influence of diets supplemented with conjugated linoleic acid, selenium and vitamin E, with or without animal protein, on the composition of pork from female pigs. *Journal of Animal Science*, v.86, p.1145-1155, 2008.

MORRISSEY, P.A.; SHEEHY, P.J.A.; GALVIN, K.; KERRY, J.; BUCKLEY, D.J. Lipid stability in meat and meat products. *Proceedings of the 44th International Congress of Meat Science and Technology*. v.1, p.120-31, 1998.

MOURA, C. M. A. d.; JÚNIOR, M. S. S.; FIORDA, F. A.; CALIARI, M.; VERA, R.; GROSSMANN, M. V. E. Cooking and texture properties of gluten-free fettuccine processed from defatted flaxseed flour and rice flour. *International Journal of Food Science and Technology*, 51(6), 1495–1501, 2016.

MOUROT, J.; HERMIER, D. Lipids in monogastric animal meat. *Reproduction Nutrition Development*, 41, 109–118, 2001.

MOUROT, J.; LEBRET, B. Modulation de la qualité de la viande de porc par l'alimentation. *INRA Prod Anim*, 22, 33-40. 2009

MOZAFFARIAN, D.; RIMM, E.B. Fish intake, contaminants, and human health: evaluating the risks and the benefits. *Journal of the American Medical Association*. v.296, p.1885-99, 2006.

MURGA, R.; RUIZ, R.; BELTRÁN, S.; CABEZAS, J. L. Extraction of natural complex phenols and tannins from grape seeds by using supercritical mixtures of carbon dioxide and alcohol. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. v.48, n.8, p.3408-3412, 2000.

NGUYEN, B.; UPADHYAYA, A.; VAN OUDENAARDEN. A.; BRENNER, M.P. Elastic instability in growing yeast colonies. *Biophys J* 86(5):2740-7, 2004.

NGUYEN, L. Q.; EVERTS, H.; BEYNEN, A. C. Influence of dietary linseed, fish and coconut oil on growth performance of growing finishing pigs kept on small holdings in central Vietnam. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 88, 204–210, 2004.

NUERNBERG, K.; FISCHER, K.; NUERNBERGS, G.; KUECHENMEISTER, U.; KLOSOWSKA, D.; ELIMINOWSKA-WENDA, G.; FIEDLER, I.; ENDER, K. 2005. Effects

of dietary olive and linseed oil on lipid composition, meat quality, sensory characteristics and muscle structure in pigs. *Meat Science* 70 (1): 63-74, 2005.

NUERNBERG, K.; KUECHENMEISTER, U.; KUHN, G.; NUERNBERG, G.; WINNEFELD, K.; ENDER, K.; COGAN, U.; MOKADY, S. Influence of dietary vitamin E and selenium on muscle fatty acid composition in pigs. *Food Research International*, v.35, p.505-510, 2002.

O'GRADY, M.N.; CARPENTER, R.; LYNCH, P.B.; O'BRIEN, N.M.; KERRY, J.P. Addition of grape seed extract and bearberry to porcine diets: Influence on quality attributes of raw and cooked pork. *Meat Science*, v.78, p.438-446, 2008.

OLIVARES, A.; DAZA, A.; REY, A. I.; LOPEZ-BOTE, C. J. Interactions between genotype, dietary fat saturation and vitamin A concentration on intramuscular fat content and fatty acid composition in pigs. *Meat Science*, v.82, p.6-12, 2009.

OZKAN, G.; SAGDI, O.; BAYDAR, N.G.; KURUMAHMUTOGLU, Z. Antibacterial activities and total phenolic contents of grape pomace extracts. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. v.84, p.1807-11, 2004.

PAZOS, M.; GALLARDO, J.M.; TORRES, J.L.; MEDINA, I. Activity of grape polyphenols as inhibitors of the oxidation of fish lipids and frozen fish muscle. *Food Chem.* 92, 547-557, 2005.

PENNINGTON, J.A.T.; FICHER. Classification of fruits and Vegetables. *Journal of Food Composition and Analysis* 22, Supplement, v.0, p.23-31, 2009.

PETTIGREW, J. E. E.; ESNAOLA, M. A. Swine nutrition and pork quality: A review. *Journal of Animal Science*, v.79, p.316-342, 2001.

PINELO, M.; ARNOUS, A.; MEYER, A.S. Upgrading of grape skins: Significance of plant cell-wall structural components and extraction techniques for phenol release. *Trends Food Sci. Tech.* 17, 579-590, 2006.

PUPE, A.; DEGREEF, H.; GARMYN, M. Induction of tumor necrosis factor-alpha by UVB: a role for reactive oxygen intermediates and eicosanoids. *Photochemistry and Photobiology*.Leuven, v. 78, n.1, p. 68-74, 2003.

PUWASTIEN, P. K.; NAKNGAMANONG, Y.; BHATTACHARJEE, L. Proximate composition of raw and cooked thai freshwater and marine fish. *Journal Food Composition and Analysis*.v.12, p.9- 16, 1999.

RABETAFIKA, H.N.; VAN REMOORTEL, V.; DANTHINE, S.; PAQUOT, M.; BLECKER, C. Flaxseed proteins: Food uses and health benefits. *International Journal of Food Science and Technology*.v.46, p.221-228, 2011.

REY, A. I.; KERRY, J. P.; LYNCH, P. B.; LOPEZ-BOTE, C. J.; BUCKLEY, D. J.; MORRISSEY, P. A. Effect of dietary oils and alpha-tocopheryl acetate supplementation on lipid (TBARS) and cholesterol oxidation in cooked pork. *Journal of Animal Science*, v.79, p.120-1208, 2001.

RIEDIGER, N.D.; OTHMAN, R.; FITZ, E.; PIERCE, G.N.; SUH, M.; MOGHADASIAN, M.H. Low n-6: n-3 fatty acid ratio, with fish or flaxseed oil, in a high fat diet improves plasma lipids and beneficially alters tissue fatty acid composition in mice. *European Journal of Nutrition*.v.47, n.3, p.153-160, 2008.

ROCKENBACH, I.I.; GONZAGA, L.V.; RIZELIO, V.M.; GONÇALVES, A.E.D.S.S.; GENOVESE, M.I.; FETT, R. Phenolic compounds and antioxidant activity of seed and skin extracts of red grape (*Vitis vinifera* and *Vitis labrusca*) pomace from Brazilian winemaking. *Food Res. Int.* 44, 897–901, 2011.

ROCKENBACH, I.I.; JUNGFER, E.; RITTER, C.; SANTIAGO-SCHUBEL, B.; THIELE, B.; FETT, R.; GALENSA, R. Characterization of flavan-3-ols in seeds of grape pomace by CE, HPLC-DAD-MS n and LC-ESI-FTICR-MS. *Food Res. Int.* 48, 848-855, 2012.

ROCKENBACH, I.I.; SILVA, G.L.; RODRIGUES, E.; KUSKOSKI, E.M.; FETT, R. Influência do solvente no conteúdo total de polifenóis, antocianinas e atividade antioxidante de extratos de bagaço de uva (*Vitisvinifera*) variedades Tannat e Ancelota. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*.v.28, p.238–244, 2008.

RODRÍGUEZ-MORGADO, B.; CANDIRACCI, M.; SANTA-MARÍA, C.; REVILLA, E.; GORDILLO, B.; PARRADO, J.; CASTAÑO, A. Obtaining from grape pomace and enzymatic extract with anti-inflammatory properties. *Plant Foods for Human Nutrition*, v.70, p. 42-49, 2014.

ROJAS, M. C.; BREWER, S. Effect of natural antioxidants on oxidative stability of frozen, vacuum-packaged beef and pork. *Journal of Food Quality*.v.31, p.173-188, 2008.

ROSE, D.P.; CONNOLLY, J.M. Omega-3 fatty acids as cancer chemopreventive agents. *New York, Pharmacology & Therapeutics*.v.83, p.217-244, 1999.

RÓZEK, A.; ACHAERANDIO, I.; GUELL, C.; LÓPEZ, F.; FERRANDO, M.; 2010. Use of commercial grape phenolic extracts to supplement solid foodstuff. *LWT Food Sci. Technol.* 43, 623–631, 2010.

SALDANHA, E.S.P.B.; GONZALES E. Enriquecimento de ácidos graxos na alimentação de poedeiras. *Pesquisa &Tecnologia*. v. 9, n. 1, 2012.

SALEM Jr. N. Introduction to polyunsaturated fatty acids. *Backgrounder*.v.3, n.1, p.1-8, 1999.

SÁNCHEZ-ALONSO, I.; JIMÉNEZ-ESCRIG, A.; SAURA-CALIXTO, F.; BORDERÍAS, A.J. Antioxidant protection of white grape pomace on restructured fish products during frozen storage. *LWT Food Sci. Technol.* 41, 42–50, 2008.

SANDERSON, P.; FINNEGAN, Y.E.; WILLIAMS, C.M.; CALDER, P.C.; BURDGE, G.C.; WOOTTON, S.A.; GRIFFIN, B.A.; JOE MILLWARD, D.; PEGGE, N.C.; BEMELMANS, W.J. UK Food Standards Agency α -linolenic acid workshop report. *Journal of Nutrition*.v.88, p.573-579, 2002.

SANGIOVANNI, J.P.; BERKEY, C.S.; DWYER, J.T.; COLDITZ, G.A. Review Dietary essential fatty acids, long-chain polyunsaturated fatty acids, and visual resolution acuity in healthy fullterm infants: a systematic. *Early Human Development*.v.57, n.3, p.165–188, 2000.

SANT'ANNA, C.L.; AZEVEDO, M.T.P.; WERNER, V.R.; DOGO, C.R.; RIOS, F.R.; CARVALHO, L.H. Review of toxic species of Cyanobacteria in Brazil. *Algal Studies* 126: 251-265, 2014.

SANTOS, R.D. et al. Sociedade Brasileira de Cardiologia. I Diretriz sobre o consumo de Gorduras e Saúde Cardiovascular. *Arquivos Brasileiros de Cardiologia*.v.100, p. 1-40. 2013.

SCOMA, A.; REBECCHI, S.; BERTIN, L.; FAVA, F. High impact biowastes from South European agro-industries as feedstock for second generation biorefineries. *Crit. Rev. Biotechnol.* 1–15, 2014.

SEN, MOUSUMI.; DASTIDAR, M.G. AdsorptionDesorption Studies on Cr (VI) Using Non-Living Fungal Biomass. *Asian Journal of Chemistry*, 22(3):2331-2338, 2010.

SHAH, M. A.; JOHN, S.; BOSCO, D.; MIR, S. A. Plant extracts as natural antioxidants in meat and meat products. *MESC*, v. 98, n. 1, p. 21–33, 2014.

SHEARD, P.R.; ENSER, M.; WOOD, J.D.; NUTE, G.R.; Gill, B. P.; RICHARDSON, R.I. Shelf life and quality of pork and pork products with a raised n-3 PUFA. *MeatScience*.v.55, p.213–221, 2000.

SHIM, Y. Y.; GUI, B.; WANG, Y.; REANEY, M. J. T. Flaxseed (*Linum usitatissimum* L.) oil processing and selected products. *Trends in Food Science & Technology*, v.43, p.162-177, 2015.

SHINAGAWA, F.B.; SANTANA, F.C.; TORRES, L.R.O.; MANCINI-FILHO, J. Grape seed oil: a potential functional food? *Food Sci. Technol.* 35, 399-406, 2015.

SHRIKHANDE, A. J. Wine by-products with health benefits. *Food Research International*, v.33, p.469-474, 2000.

SIMOPOULOS, A. P. The importance of the omega-6/omega-3 fatty acid ratio in cardiovascular disease and other chronic diseases. *Experimental Biology and Medicine*. V.233, p.674-688, 2008.

SOARES, A.L.; MARCHI, D. F.; MATSUSHITA, M.; GUARNIERI, P. D.; DROVAL, A.A.; IDA, E.I.; SHIMOKOMAKI, M. Lipid oxidation and fatty acid profile related to broiler breast meat color abnormalities. *Brazilian Archives of Biology and Technology*.Curitiba, v. 52, n. 6, p. 1513-1518, 2009.

SOTO, M.; FALQUÉ, E.; DOMÍNGUEZ, H. Relevance of natural phenolics from grape and derivative products in the formulation of cosmetics. *Cosmetics* 2, 259-276, 2015.

SOUQUET, J. M.; CHEYNIER, V.; MOUTOUNET, M. Lesproantocyanidinesduraisins. *Bulletin of the International Organisation of Vine and Wine*.v.73, p.835-836, 2000.

SWIGERT, K. S.; MCKEITH, F. K.; CARR, T. C.; BREWER, M. S.; CULBERTSON, M. Effects of dietary vitamin D3, vitamin E, and magnesium supplementation on pork quality. *Meat Science*, v.67, p.81-86, 2004.

TACO - Tabela Brasileira de Composição de Alimentos Núcleo de Estudos e Pesquisas em Alimentação – NEPA Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP 4ª edição revisada e ampliada Campinas – SP 2011 Visualizado em Dezembro de 2019 http://www.unicamp.br/nepa/taco/contar/taco_4_edicao_ampliada_e_revisada

TEITELBAUM, J.E.; WALKER, W.A. Review: The role of omega 3 fatty acids in intestinal inflammation. *Journal of Nutritional Biochemistry*. New York, v.12, p.21-32, 2001.

TEYE, G. A.; SHEARD, P. R.; WHITTINGTON, F. M.; NUTE, G. R.; STEWART, A.; TONNAC A. De.; KARIM-LUISSET, S.; MOUROT, J. Effect of different dietary linseed sources on fatty acid composition in pig tissues. *Livestock Science* 203: 124-131, 2017.

TURNER T.D.; MAPIYE, C.; AALHUS, J.L.; BEAULIEU, A.D.; PATIENCE J.F.; ZIJLSTRA R.T.; DUGAN M.E.R. Flaxseed fed pork: n-3 fatty acid enrichment and contribution to dietary recommendations. *Meat Science* 96 (1): 541-547, 2014.

TZANG, B.S.; YANG, S.F.; FU, S.G.; YANG, H.C.; SUN, H.L.; CHEN, Y.C. Effects of dietary flaxseed oil on cholesterol metabolism of hamsters. *Food Chemistry*.v.114, n.4, p.1450-1455, 2009.

UDENIGWE, C.C.; LU, Y.L.; HAN, C.H.; HOU, W.H.; ALUKO, R. Flaxseed proteinderived peptide fractions: Antioxidant properties and inhibition of lipopolysaccharide-induced nitric oxide production in murine macrophages. *Food Chemistry*.v.116, p.277-284, 2009.

VAISEY-GENSER, M.; MORRIS, D. H. History of the cultivation and uses of flaxseed. In: ALISTER, D. M.; WESTCOTT, N. D. *Flax: The Genus Linum*. New York, v.34, p.307, 2003.

VEDTOFTE, M.S.; JAKOBSEN, M.U.; LAURITZEN, L.; HEITMANN, B.L. The role of essential fatty in the control of coronary heart disease. *Current Opinion in Clinical Nutrition e Metabolic Care*. Copenhagen. v. 15, n. 6, p. 592-596, 2012.

WEBER, M.G.; ANTIPATIS, C. Qualidade de carne suína e dieta de vitamina E. II Conferência Internacional Virtual sobre Qualidade da Carne Suína. www.cnpsa.embrapa.br/sgc/sgc_publicações/anais01cv2pt.pdf. 2001.

WOOD, J. D. Influence of dietary oils and protein level on pork quality. 1. Effects on muscle fatty acid composition, carcass, meat and eating quality. *Meat Science*, v.73, p.157-165, 2006.

WOOD, J.D.; RICHARDSON, R.I.; NUTE, G. R.; FISHER, A.V.; CAMPO, M.M.; KASAPIDOU, E.; SHEARD, P.R.; ENSER, M. Effects of fatty acids on meat quality: A review. *Meat Science*.v.66, p.21–23, 2003.

XIAO, S.; ZHANG, W. G.; LEE, E. J.; AHN, D. U. Effects of diet, packaging and irradiation on protein oxidation, lipid oxidation of raw broiler thigh meat. *Animal Industry Report*, p.659-2761, 2013.

YOUDIM, K.A. Martin A, Joseph JA. Essential fatty acids and the brain: possible health implications. *International Journal of Developmental Neuroscience*, v.18, p.383-399, 2000.

YU, J.; AHMEDNA, M. Functional components of grape pomace: their composition, biological properties and potential applications. *International Journal of Food Science & Technology*. v.48, p.221-37, 2013.

ZANARDI, E.; NOVELLI, E.; NANNI, N.; GHIRETTI, G.P.; DELBONO, G.; CAMPANINI, G.; DAZZI, G.; MADARENA, G.; CHIZZOLINI, R. Oxidative stability and dietary treatment with vitamin E, oleic acid and copper of fresh and cooked pork chops. *Meat Science*, v.49, p.309-320, 1998.

ZHANG, W.; XIAO, S.; SAMARAWEERA, H.; LEE, E. J.; AHN, D. U. Improving functional value of meat products. *Meat Science*, v.86, p.15-31, 2010.

ZHAO, G.; ETHERTON, T.D.; MARTIN, K.R.; WEST, S.G.; GILLIES, P.J.; KRISETHERTON, P.M. Dietary α -linolenic acid reduces inflammatory and lipid cardiovascular risk factors in hypercholesterolemic men and women. *Journal of Nutrition*.v.134, n.11, p.2991-2997, 2004.

ZHENC, 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, 2002.

VITA

Francielle Trombetta, filha de Carlos Guilherme Trombetta e Cleusa Maria Marin Trombetta, nascida em 22 de fevereiro de 1985, em Frederico Westphalen – RS. Estudou na Escola Estadual Cardeal Roncalli (Frederico Westphalen – RS) até concluir o ensino fundamental e na Escola Estadual José Cañellas (Frederico Westphalen – RS) onde concluiu o ensino médio em 2003. Em 2004 ingressou no curso de graduação em Farmácia Da Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões (URI- Frederico Westphalen/RS). Formou-se Farmácia em janeiro de 2010. No mês de maio, iniciou atividade como responsável técnica na Farmácia São Luiz, Itapiranga-SC . No fim deste mesmo ano iniciou atividade como responsável no MB Laboratório de Análises Clínicas, Palmitinho - RS. Em março de 2012, ingressou no Mestrado do Programa de Pós-graduação de Farmacologia da Universidade Federal de Santa Maria sob orientação do Prof^a. Dra. Ana Flávia Furian. Em 2013 conquistou o auxílio como bolsista FAPERGS, obtendo o título de mestre em agosto de 2014. No mesmo ano ingressou no Doutorado do Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos da Universidade Federal de Santa Maria sob orientação do Prof. Dr. José Laerte Nörnberg, em 2016 como bolsistas CAPES até julho de 2017. No ano de 2016 foi selecionada no Programa Especial de Graduação de Formação de Professores para Educação Profissional da Universidade Federal de Santa Maria, concluindo-o em agosto de 2017. Foi submetida à banca de defesa de tese em dezembro de 2019.