

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**FARINHA DE ALGAS MARINHAS (SCHIZOCHYTRIUM SP.)
NA ALIMENTAÇÃO DE CORDEIROS CONFINADOS:
DESEMPENHO, DIGESTIBILIDADE E QUALIDADE DA
CARÇA E DA CARNE**

Thiago Henrique Borghi
Zootecnista

2018

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**FARINHA DE ALGAS MARINHAS (SCHIZOCHYTRIUM SP.)
NA ALIMENTAÇÃO DE CORDEIROS CONFINADOS:
DESEMPENHO, DIGESTIBILIDADE E QUALIDADE DA
CARÇA E DA CARNE**

Thiago Henrique Borghi

Orientador: Prof. Dr. Américo Garcia da Silva Sobrinho

Tese apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias - Unesp, Câmpus de Jaboticabal, como parte das exigências para obtenção do título de Doutor em Zootecnia.

2018

B732f Borghi, Thiago Henrique
Farinha de algas marinhas (*Schizochytrium* sp.) na alimentação de cordeiros confinados: desempenho, digestibilidade e qualidade da carcaça e da carne/ Thiago Henrique Borghi. – – Jaboticabal, 2018
vii, 97 p. : il. ; 29 cm

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2018
Orientador: Américo Garcia da Silva Sobrinho
Banca examinadora: Mateus José Rodrigues Paranhos da Costa, Mauro Sartori Bueno, Márcia Rita Fernandes Machado, Fabiana Alves de Almeida, Juliana Duarte Messana
Bibliografia

1. Alimento alternativo. 2. Cordeiros. 3. Ômega-3. I. Título. II. Jaboticabal-Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias.

CDU 636:084.5:636.3

Ficha catalográfica elaborada pela Seção Técnica de Aquisição e Tratamento da Informação –
Diretoria Técnica de Biblioteca e Documentação - UNESP, Câmpus de Jaboticabal.

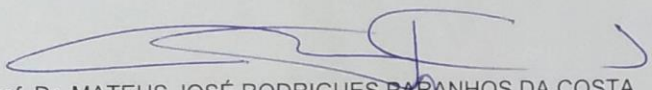
CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

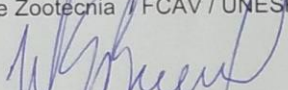
TÍTULO DA TESE: FARINHA DE ALGAS MARINHAS (SCHIZOCHYTRIUM SP.) NA ALIMENTAÇÃO DE CORDEIROS CONFINADOS: DESEMPENHO, DIGESTIBILIDADE E QUALIDADE DA CARÇA E DA CARNE

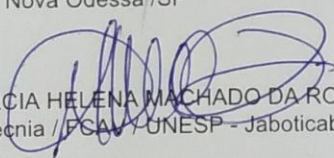
AUTOR: THIAGO HENRIQUE BORGHI

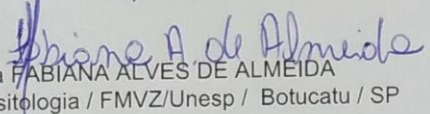
ORIENTADOR: AMÉRICO GARCIA DA SILVA SOBRINHO

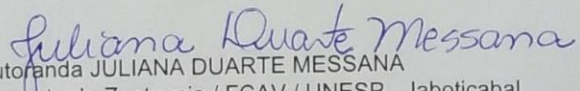
Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Doutor em ZOOTECNIA, pela Comissão Examinadora:


Prof. Dr. MATEUS JOSÉ RODRIGUES PARANHOS DA COSTA
Departamento de Zootecnia / FCAV / UNESP - Jaboticabal


Pesquisador Dr. MAURO SARTORI BUENO
Instituto de Zootecnia / Nova Odessa / SP


Pesquisadora Dra MARCIA HELENA MACHADO DA ROCHA FERNANDES
Departamento de Zootecnia / FCAV / UNESP - Jaboticabal


Pós-doutoranda FABIANA ALVES DE ALMEIDA
Depto. de Parasitologia / FMVZ/Unesp / Botucatu / SP


Pós-doutoranda JULIANA DUARTE MESSANA
Departamento de Zootecnia / FCAV / UNESP - Jaboticabal

Jaboticabal, 06 de março de 2018

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

THIAGO HENRIQUE BORGHI - filho de Dirceu Borghi Júnior e Marisa Pastre Borghi, nascido em Araraquara, São Paulo, no dia 27 de setembro de 1987. Em fevereiro de 2007 ingressou no Curso de Graduação em Zootecnia, na Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” - Unesp, Câmpus de Jaboticabal, sendo bolsista de Iniciação Científica da FAPESP, sob orientação da Dr^a. Nivea Maria Brancacci Lopes Zeola, graduando-se em dezembro de 2012. Em março de 2013 ingressou no Curso de Pós-Graduação em Zootecnia, em nível de Mestrado, na Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” - Unesp, Câmpus de Jaboticabal, onde foi bolsista FAPESP, sob orientação do Prof. Dr. Américo Garcia da Silva Sobrinho. Em março de 2015 iniciou o Curso de Doutorado do Programa de Pós-graduação em Zootecnia, na Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” - Unesp, Câmpus de Jaboticabal, onde é bolsista FAPESP, sob orientação do Prof. Dr. Américo Garcia da Silva Sobrinho.

“Agradeço todas as dificuldades que enfrentei; não fosse por elas, não teria saído do lugar. As facilidades nos impedem de caminhar. Mesmo as críticas nos auxiliam muito.”

Chico Xavier

“É exatamente disso que a vida é feita, de momentos. Momentos que temos que passar, sendo bons ou ruins, para o nosso próprio aprendizado.

Nunca se esquecendo do mais importante: Nada nessa vida é por acaso, absolutamente nada. Por isso, temos que nos preocupar em fazer a nossa parte da melhor forma possível.

A vida nem sempre segue a nossa vontade, mas ela é perfeita naquilo que tem que ser”.

Chico Xavier

DEDICO

Ao meu pai, Dirceu Borghi Júnior e minha mãe, Marisa Pastre, por todo amor, incentivos, apoio e inúmeros sacrifícios...

Aos meus irmãos Lucas Borghi e Tamara Borghi, pelo carinho e companheirismo...

A minha noiva Sabrina, companheira de vida e grande incentivadora!

Aos meus amados avós, Domingos Pastre Sobrinho e Irma Massom Pastre, que seguram minhas mãos e me dão forças sempre, de onde quer que estejam!

Ao meu grande amigo Marvin Severson, que de onde quer que esteja, me protege e guia!

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus!

À minha família, base e espelho de caráter e responsabilidade, agradeço por todo carinho, apoio e dedicação.

Ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias - Unesp, Câmpus de Jaboticabal, pela oportunidade da realização do Curso de Doutorado.

Ao Prof. Dr. Américo Garcia da Silva Sobrinho, pelas inúmeras oportunidades, amizade, confiança, ensinamentos e orientações nos cursos de Mestrado e Doutorado.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) pelos auxílios à pesquisa concedidos e pela bolsa de Doutorado (processo Fapesp nº. 2016/02311-1).

Aos Professores Dr. Antonio Celso Pezzato, Dr. Euclides Braga Malheiros, Dr. Henrique Nunes de Oliveira, Dr^a. Hirasilva Borba, Dr^a. Izabelle Auxiliadora Molina de Almeida Teixeira, Dr. Jorge de Lucas Júnior, Dr. Kléber Tomás de Resende, Dr. Mauro Dal Secco de Oliveira, Dr^a. Maria Imaculada Fonseca, Dr^a. Maria Regina Barbieri de Carvalho, Dr. Pedro Luís da Costa Aguiar Alves e Dr^a. Wignez Henrique pelos ensinamentos transmitidos nas disciplinas.

Aos professores, Dr. Américo Garcia da Silva Sobrinho, Dr. Flávio Dutra de Resende, Dr. Giovani Fiorentini, Dr^a. Nivea Maria Brancacci Lopes Zeola, Dr^a. Wignez Henrique, Dr^a. Marcia Helena Machado da Rocha Fernandes, Dr^a. Fabiana Alves de Almeida, Dr^a. Juliana Duarte Messana, Dr. Mateus José Rodrigues Paranhos da Costa e Dr. Mauro Sartori Bueno pelas valiosas sugestões no Exame Geral de Qualificação e na Defesa da Tese.

A você Sabrina, minha noiva e melhor amiga, pelo apoio e companheirismo!

Aos colegas de equipe, Diego Armando Rojas Meza, Eliéder Prates Romanzini, Heloísa Fidelis, Leonardo Guimarães Silva, Nomaiaquí de Andrade e Roberta de Lima

Valença, muito obrigado pelo auxílio na realização deste trabalho e pela amizade que construímos. Sem vocês esta conquista seria muito difícil.

Ao funcionário do Laboratório de Produção Ovina, João Luiz Guariz, pela grande amizade e pelo exemplo de dedicação ao trabalho.

Aos estagiários do Laboratório de Produção Ovina, Marcella Bogatzky, Rachel Galeno e Roberta Guidugli, pelo convívio e auxílio na condução das tarefas.

Aos amigos da república Arapuka, obrigado pelas conversas e apoio nos momentos de dificuldade.

Enfim, a todos que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho!

Muito obrigado!

SUMÁRIO

FARINHA DE ALGAS MARINHAS (*Schizochytrium* sp.) NA ALIMENTAÇÃO DE CORDEIROS CONFINADOS: DESEMPENHO, DIGESTIBILIDADE E QUALIDADE DA CARCAÇA E DA CARNE

RESUMO.....	iii
ABSTRACT.....	v
CAPÍTULO 1 - Considerações gerais	1
1. Introdução.....	1
2. Revisão da literatura	2
2.1 Uso de lipídios na dieta de ruminantes.....	2
2.2 Metabolismo lipídico	4
2.3 Ácidos graxos n-3 e efeitos na saúde	5
2.4 Farinha de algas marinhas na produção animal	7
2.5 Desempenho e digestibilidade em cordeiros	8
2.6 Características quantitativas da carcaça	10
2.7 Características qualitativas da carne.....	11
2.7.1 pH.....	11
2.7.2 Cor da carne.....	12
2.7.3 Capacidade de retenção de água	13
2.7.4 Perdas de peso por cocção.....	14
2.7.5 Maciez.....	15
2.7.6 Colesterol e perfil de ácidos graxos	16
2.7.7 Oxidação lipídica.....	18
2.7.8 Composição centesimal da carne ovina	19
2.7.9 Características sensoriais da carne ovina.....	20
3. Objetivos gerais	21
4. Referências.....	22

CAPÍTULO 2 - FARINHA DE ALGAS MARINHAS (*Schizochytrium* sp.) NA ALIMENTAÇÃO DE CORDEIROS CONFINADOS: DESEMPENHO E DIGESTIBILIDADE 36

RESUMO.....	36
1. Introdução.....	37
2. Material e Métodos	38
3. Resultados e Discussão	42
4. Conclusões	49
5. Referências.....	50

CAPÍTULO 3 - FARINHA DE ALGAS MARINHAS (*Schizochytrium* sp.) NA ALIMENTAÇÃO DE CORDEIROS CONFINADOS: CARACTERÍSTICAS QUANTITATIVAS DA CARCAÇA E QUALITATIVAS DA CARNE55

RESUMO.....	55
1. Introdução.....	56
2. Material e Métodos	57
3. Resultados e Discussão	61
4. Conclusões	68
5. Referências.....	68

CAPÍTULO 4 - FARINHA DE ALGAS MARINHAS (*Schizochytrium* sp.) NA ALIMENTAÇÃO DE CORDEIROS CONFINADOS: CARACTERÍSTICAS NUTRICIONAIS DA CARNE74

RESUMO.....	74
1. Introdução.....	75
2. Material e Métodos	76
3. Resultados e Discussão	82
4. Conclusões	91
5. Referências.....	91

FARINHA DE ALGAS MARINHAS (*Schizochytrium* sp.) NA ALIMENTAÇÃO DE CORDEIROS CONFINADOS: DESEMPENHO, DIGESTIBILIDADE E QUALIDADE DA CARCAÇA E DA CARNE

RESUMO - Objetivou-se avaliar o desempenho, a digestibilidade dos nutrientes, os parâmetros quantitativos da carcaça e os qualitativos e sensoriais da carne de cordeiros Ile de France terminados em confinamento, recebendo dietas com crescentes inclusões de farinha de algas marinhas. Foram utilizados 32 cordeiros não castrados com aproximadamente 60 dias de idade e $20 \pm 0,2$ kg de peso corporal, alojados em baias individuais e abatidos aos $35,0 \pm 0,2$ kg. Os tratamentos foram compostos por quatro dietas: D0- silagem de milho + concentrado sem farinha de algas; D2- silagem de milho + concentrado + 2% de farinha de algas; D4- silagem de milho + concentrado + 4% de farinha de algas e D6- silagem de milho + concentrado + 6% de farinha de algas. A relação volumoso:concentrado foi 40:60, compondo dietas com semelhantes teores proteicos (15%) e energéticos (3,3 Mcal de energia digestível/kg de matéria seca). Os dados foram avaliados num delineamento experimental inteiramente casualizado, com quatro tratamentos e oito repetições. Os resultados foram submetidos à análise de variância e regressão, com os graus de liberdade desdobrados em efeitos linear, quadrático e cúbico. As inclusões de farinha de algas marinhas influenciaram ($P < 0,05$) o consumo de nutrientes, com efeito linear decrescente para matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), proteína bruta (PB), fibra insolúvel em detergente neutro (FDN), fibra insolúvel em detergente ácido (FDA) e energia bruta (EB), e crescente para a fração EE (extrato etéreo). Da mesma forma, a digestibilidade dos nutrientes foi influenciada ($P < 0,05$) pelas inclusões de farinha de algas marinhas, com efeito linear decrescente para as variáveis MS, MO, FDN, FDA, CHOT e CNF. A digestibilidade da fração EE apresentou efeito ($P < 0,05$) linear crescente e a PB, efeito ($P < 0,05$) quadrático. O peso do fígado dos animais aumentou ($P < 0,05$) linearmente. As medidas das papilas ruminais dos cordeiros diminuíram ($P < 0,05$) com as inclusões de farinha de algas marinhas nas dietas. Na avaliação do desempenho, foram observados efeitos ($P < 0,05$) lineares crescente para dias de confinamento (DC) e decrescente para ingestão de matéria seca (IMS) e ganho médio diário de peso (GMDP). A conversão alimentar (CA) dos cordeiros não foi alterada ($P > 0,05$). Os rendimentos da carcaça e dos cortes comerciais, as perdas por resfriamento e as medidas do músculo *longissimus* não foram alteradas ($P > 0,05$). Não foram observadas diferenças significativas para as características físico-químicas da carne dos

cordeiros. Na análise sensorial, houve efeito ($P<0,05$) linear decrescente para os atributos odor, sabor e na intenção de compra dos consumidores. As inclusões de farinha de algas marinhas nas dietas não alteraram ($P>0,05$) a composição centesimal da carne dos cordeiros. Foram observados efeitos ($P<0,05$) lineares decrescente no teor de colesterol e crescente para a oxidação lipídica da carne dos animais. No perfil de ácidos graxos houve aumento ($P<0,05$) na concentração dos ácidos 16:0, 17:0, 18:1 n-7, 18:2 c9t11, 20:5 n-3 e 22:6 n-3 e redução dos ácidos graxos 18:0, 18:1 n-9 e 18:2 n-6. As concentrações de ácidos graxos monoinsaturados (AGMI), ácidos graxos poli-insaturados (AGPI) e as relações AGMI:AGS e AGPI:AGS apresentaram efeito ($P<0,05$) quadrático. Houve efeitos ($P<0,05$) linear decrescente no total de ácidos graxos n-6 e quadrático para os da família n-3 e na relação n-6:n-3. A atividade das enzimas dessaturase 16 diminuiu ($P<0,05$) linearmente. Foi observado efeito quadrático ($P<0,05$) para a atividade da enzima elongase, nos índices de aterogenicidade e trombogenicidade, nas concentrações de ácidos graxos hiper e hipocolesterolêmicos e na relação h:H. A farinha de algas marinhas não se mostrou uma alternativa interessante, uma vez que consumo e a digestibilidade dos nutrientes é prejudicada, acarretando em menor desempenho dos animais. O incremento de ácido palmítico na carne dos cordeiros sobrepõem todos os benefícios inerentes aos ácidos graxos da família n-3.

Palavras-chave: ácidos graxos, alimento alternativo, Ile de France, n-3

DIETARY MARINE ALGAE MEAL (*Schizochytrium* sp.) FOR FEEDLOT LAMBS: PERFORMANCE, DIGESTIBILITY AND CARCASS AND MEAT QUALITY

ABSTRACT - This study was undertaken to evaluate the performance, nutrient digestibility, quantitative parameters of carcass, and qualitative and sensory parameters of meat in feedlot-finished lambs fed diets with increasing levels of marine algae meal inclusion. Thirty-two newly weaned 60-day-old uncastrated Ile de France lambs weighing 20.0 ± 0.2 kg body weight were used. The animals were housed in individual pens and slaughtered at 35.0 ± 0.2 kg. The treatments were composed of four diets: D0- corn silage + concentrate without algae meal; D2- corn silage + concentrate + 2% algae meal; D4- corn silage + concentrate + 4% algae meal; and D6- corn silage + concentrate + 6% algae meal. The roughage:concentrate ratio was 40:60, and diets were formulated with similar protein (15%) and energy (3.3 Mcal digestible energy/kg DM) contents. The data were evaluated in a completely randomized experimental design, with four treatments and eight replications. The results were submitted to analysis of variance and regression. The algae meal contents were broken down into linear, quadratic and cubic effects. Marine algae meal levels influenced ($P < 0.05$) nutrient intake, with a linear decrease seen in DM, OM, CP, NDF, ADF and GE; the opposite effect was found on EE, which increased linearly. Likewise, nutrient digestibility was influenced ($P < 0.05$) by the algae meal levels, which linearly reduced the digestibilities of DM, OM, NDF, ADF, TC, and NFC. The digestibility of the EE fraction rose linearly ($P < 0.05$), whereas that of CP responded ($P < 0.05$) quadratically. Liver weight increased ($P < 0.05$) linearly. Rumen papillary measurements in the lambs decreased ($P < 0.05$) as the meal was included in the diet. In the performance trial, a linear increase ($P < 0.05$) was observed for days in the feedlot, while dry matter intake and average daily weight gain decreased linearly. Feed conversion did not change ($P > 0.05$). The yields of carcass and primal cuts, chilling losses, and *longissimus* muscle measurements did not differ ($P > 0.05$). Likewise, no significant differences were observed for the lamb meat physicochemical traits. Sensory analysis revealed a linear ($P < 0.05$) decrease in the attributes *aroma*, *taste*, and *consumers' purchase intention*. Dietary inclusion of marine algae meal did not influence ($P > 0.05$) the centesimal composition of lamb meat. The meat cholesterol content decreased linearly ($P < 0.05$) and lipid oxidation responded in the opposite direction, increasing linearly. In the fatty acid profile, increasing linear ($P < 0.05$) effects were found for the concentrations of 16:0, 17:0, 18:1 n-7, 18:2 c9t11, 20:5 n-3, and 22:6 n-3 fatty acids, while 18:0, 18:1 n-9, and 18:2 n-6 decreased

linearly. Concentrations of MUFA and PUFA and MUFA:SFA and PUFA:SFA ratios had a quadratic response ($P<0.05$). The treatments elicited a linear decrease ($P<0.05$) in total n-6 fatty acids, while fatty acids of the n-3 family and n-6:n-3 ratio responded quadratically. The desaturase-16 enzyme activity declined linearly ($P<0.05$). Elongase activity, atherogenicity and thrombogenicity indices, hyper- and hypo-cholesterolemic fatty acid concentrations, and h:H ratio responded quadratically ($P<0.05$). The marine algae meal did not show an interesting alternative, since consumption and the digestibility of the nutrients is impaired, leading to lower performance of the animals. The increase of palmitic acid in the lamb meat overlies all the benefits inherent to the n-3 family of fatty acids.

Keywords: alternative feed, fatty acids, Ile de France, n-3



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
Câmpus de Jaboticabal



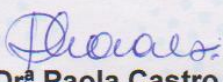
CEUA – COMISSÃO DE ÉTICA NO USO DE ANIMAIS

CERTIFICADO

Certificamos que o Projeto intitulado **"Alga marinha (*Schizochytrium sp.*) na alimentação de cordeiros confinados: desempenho, digestibilidade e qualidade da carcaça e da carne"**, protocolo nº 12883/15, sob a responsabilidade do Prof. Dr. Américo Garcia da Silva Sobrinho, que envolve a produção, manutenção e/ou utilização de animais pertencentes ao Filo Chordata, subfilo Vertebrata (exceto o homem), para fins de pesquisa científica (ou ensino) - encontra-se de acordo com os preceitos da lei nº 11.794, de 08 de outubro de 2008, no decreto 6.899, de 15 de junho de 2009, e com as normas editadas pelo Conselho Nacional de Controle da Experimentação Animal (CONCEA), e foi aprovado pela COMISSÃO DE ÉTICA NO USO DE ANIMAIS (CEUA), da FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS, UNESP - CÂMPUS DE JABOTICABAL -SP, em reunião ordinária de 07 de agosto de 2015.

Vigência do Projeto	01/08/2015 a 01/08/2017
Espécie / Linhagem	Ovina / Ile de France
Nº de animais	32
Peso / Idade	20kg / 60 dias
Sexo	Machos
Origem	Laboratório de Produção ovina

Jaboticabal, 07 de agosto de 2015.


Profª Drª Paola Castro Moraes
Coordenadora – CEUA

CAPÍTULO 1 - Considerações gerais

1. Introdução

Os avanços científicos e tecnológicos da cadeia da carne têm aprimorado produtos destinados a consumidores mais esclarecidos, interessados em novidades e dispostos a pagar por qualidade. Há alguns anos, o objetivo era produzir, em quantidade, produtos cárneos a um custo mínimo, o que diferencia do cenário atual, em que o interesse principal está na composição e qualidade do produto final, partindo do entendimento de que o alimento não só tem a função de nutrir, mas também de fornecer outros benefícios ao consumidor (AUGUSTIN et al., 2015).

A indústria alimentícia tem encontrado estímulo para desenvolver alimentos constituídos ou enriquecidos com nutrientes que possam produzir benefícios à saúde, tratando ou prevenindo enfermidades (DE FELICE, 1995; BRIZ, 1997). Os benefícios associados ao consumo de ácidos graxos de cadeia longa, como o eicosapentaenoico (EPA, 20:5 n-3) e o docosahexaenoico (DHA, 22:6 n-3), pertencentes à família n-3, são reconhecidos desde o início da década de 1960, quando pesquisadores demonstraram pela primeira vez que humanos necessitavam da ingestão diária de certos ácidos graxos poli-insaturados, os quais o corpo humano era incapaz de sintetizar, sendo referidos como ácidos graxos essenciais (HANSEN et al., 1963). Desde então tem havido crescente interesse científico nas funções que os ácidos graxos n-3 podem desempenhar no corpo humano, sendo associado o aumento no consumo destes com a redução na incidência de câncer, doenças cardíacas coronarianas, morte súbita, depressão, sintomas de Alzheimer, déficit de atenção e agressividade (FAGUNDES, 2009).

Apesar das evidências e relatos positivos dos benefícios dos ácidos graxos n-3, o consumo diário de EPA+DHA na maior parte do mundo está frequentemente abaixo das recomendações diárias de 250 a 1000 mg, com exceções de países como Japão e a Escandinávia, onde a ingestão de peixe é abundante (SALEM JR e EGGERSDORFER, 2015). Iniciativas ao redor do mundo, visando beneficiar a dieta humana, buscam elevar a oferta de ácidos graxos n-3 por meio da ingestão de produtos como a carne, potencial fornecedora de DHA. Uma alternativa para elevar a ingestão de ácidos graxos benéficos à dieta humana, sem a necessidade de mudanças nos hábitos alimentares dos consumidores e ignorar o valor desse alimento como fonte de proteínas de alta qualidade, vitaminas e minerais, seria

modificar o perfil lipídico da carne de ruminantes, por meio de suplementação com alimentos enriquecidos com ácidos graxos n-3 (REIS et al., 2001; MEALE et al., 2014).

Fontes suplementares de DHA estão sendo pesquisadas, uma vez que o ácido graxo α -linolênico, principal fonte dietética precursora dos importantes ácidos graxos de cadeia longa, quando incorporado à dieta de ruminantes, na forma de sementes de linhaça ou óleo de peixe, é pouco convertido devido à biohidrogenação por bactérias ruminais do gênero *Butyrivibrio* (ARTERBURN et al., 2006; MAIA et al., 2007). Sendo assim, a suplementação com alimentos ricos em DHA, como algumas espécies de algas marinhas, apresenta potencial para o enriquecimento de produtos de animais ruminantes (BOECKAERT et al., 2008).

As algas marinhas, em especial as do gênero *Schizochytrium*, são fontes primárias do DHA na cadeia alimentar e a farinha proveniente da liofilização destas tem sido incluída na alimentação animal com o intuito de melhorar o teor deste ácido graxo nos produtos. As pesquisas com *Schizochytrium* concentram-se na qualidade e enriquecimento nutricional de ovos (MELUZZI et al., 2001), carne de aves e suínos (MOONEY et al., 1998; SIRRI et al., 2003; SARDI et al., 2006) e leite de ovelhas e vacas (FRANKLIN et al., 1999; BICHI et al., 2013). Entretanto, poucos estudos se atentaram aos efeitos da suplementação dietética com estas algas sobre o desempenho produtivo e as características quantitativas da carcaça e qualitativas da carne de ovinos (ELMORE et al., 2005; MEALE et al., 2014).

Assim, objetivou-se avaliar o efeito de crescentes inclusões de farinha de algas marinhas do gênero *Schizochytrium* na dieta de cordeiros Ile de France terminados em confinamento, sobre o desempenho, a digestibilidade dos nutrientes, as características quantitativas da carcaça e as qualitativas da carne.

2. Revisão da literatura

2.1 Uso de lipídios na dieta de ruminantes

Os lipídios são substâncias bioquímicas encontradas nos tecidos vegetais e animais, insolúveis em água, mas solúveis em solventes orgânicos não polares como benzeno, éter e clorofórmio (MCDONALD et al., 1999). O principal motivo para incluir lipídios na dieta de ruminantes é que representam forma concentrada de

energia, sendo 2,25 superior a dos carboidratos. Assim, quanto maior o montante de lipídios na dieta, maior será o valor energético por quilograma.

Em dietas de ruminantes, os lipídios estão presentes principalmente na forma esterificada como mono e digalactoglicerídeos em forragens e como triglicerídeos em alimentos concentrados. O teor de lipídios encontrado na maioria das rações de ruminantes é relativamente baixo, enquanto varia de 18% a 40% em sementes de oleaginosas que podem ser usadas como suplementos (PALMQUIST e MATTOS, 2006). O ácido linoleico (18:2) é o predominante na maior parte das sementes, enquanto nas forragens o ácido linolênico (18:3) encontra-se em maior concentração (PALMQUIST e JENKINS, 1980).

Estudos abrangendo diferentes fontes lipídicas têm viabilizado incremento na ingestão de energia digestível e demonstrado variados efeitos no desempenho dos animais. Os resultados de estudos de desempenho com fornecimento de lipídios são variados devido a possíveis efeitos de depressão no consumo causado pelos lipídios no rúmen (NRC, 2001). Segundo Palmquist e Jenkins (1980), cerca de 3 a 5% de lipídios podem ser adicionados à dieta com o intuito de elevar a ingestão de energia em animais de alta produção e/ou reduzir o consumo de amido, possibilitando aumentar a relação volume:concentrado da dieta e reduzindo a incidência de distúrbios na fermentação ruminal.

As propriedades dos lipídios que determinam seus efeitos antimicrobianos no rúmen incluem o grau de instauração, formação de sais de carboxilato e associação física do lipídio com a superfície da partícula do alimento e microrganismos (JENKINS, 1993). Os aspectos importantes no fornecimento de lipídios são o tipo e a composição de ácidos graxos, grau de proteção, digestibilidade e transporte dos ácidos graxos absorvidos (ASHES et al., 1997).

O ambiente ruminal é responsável por algumas transformações nos lipídios da dieta, alterando a composição e perfil de ácidos graxos que chega ao duodeno. Estas alterações são decorrentes principalmente dos processos de lipólise e biohidrogenação, que variam de acordo com a qualidade da forragem, área de superfície das partículas de alimento no rúmen e modificações estruturais da molécula de lipídio, que inibem a ação das isomerases bacterianas (JENKINS, 1993).

2.2 Metabolismo lipídico

No rúmen, ocorre uma extensiva hidrólise (>85%) dos lipídios esterificados da dieta, onde triglicerídeos, galactolipídios e fosfolipídios, pela ação de lipases dos microrganismos, liberam ácidos graxos livres, permitindo que produtos como o glicerol sejam fermentados a ácidos graxos voláteis de cadeia curta. Esta hidrólise corresponde ao início do processo de metabolismo dos lipídios no rúmen e é predominantemente realizada pelas bactérias ruminais, podendo ser influenciada por alguns fatores como o nível de gordura na ração, pH ruminal e utilização de ionóforos, que interferem na atividade e crescimentos bacteriano (HARFOOT e HAZLEWOOD, 1988; HARFOOT e HAZLEWOOD, 1997).

Segundo Church (1988), nem todas as bactérias possuem atividade lipolítica, o mesmo acontecendo com os protozoários do rúmen. As taxas de lipólise e biohidrogenação são menores em situações de alta concentração de grãos na dieta, resultando em maior escape de ácidos graxos insaturados. O primeiro esquema sobre a teoria da biohidrogenação foi proposto por Davis e Brown (1970) e elaborado por Pennington e Davis (1975).

O passo inicial para a biohidrogenação do 18:2 é uma reação de isomerização que converte a dupla ligação c12 do ácido insaturado para o seu isômero t11. A isomerase não é funcional a menos que o ácido graxo tenha um grupo carboxila livre, o que ocorre no caso de ácidos graxos poli-insaturados (JENKINS, 1993; DEMEYER e DOREAU, 1999).

As bactérias responsáveis pela biohidrogenação podem ser divididas em dois grupos, A e B. O grupo A é responsável pela biohidrogenação dos ácidos 18:2 e 18:3 a ácido transvacênico (18:1 t11), com pequenas quantidades de outros isômeros. Este grupo parece ser incapaz de biohidrogenar ácidos graxos 18:1 a ácido esteárico (18:0). As bactérias do grupo B, ao contrário das do grupo A, são capazes de biohidrogenar grande extensão de cis e trans 18:1 a 18:0 (DEMEYER e DREAU, 1999). Segundo Czerkawski e Clapperton (1984) a biohidrogenação tem papel de proteção para os microrganismos do efeito tóxico exercido pelos ácidos graxos insaturados.

Nos ruminantes, a maior parte dos lipídios que chega ao duodeno está na forma de ácidos graxos não esterificados, altamente saturados e ligados não ionicamente às partículas dos alimentos como um complexo não solúvel (CHURCH, 1988). A bile funciona então como detergente para remover os ácidos graxos dessas

partículas, em vez de emulsificar os glicerídeos e ativar as lipases, como em animais monogástricos (PALMQUIST e MATTOS, 2006).

Apesar das alterações ocorridas nos lipídios da dieta pelo metabolismo ruminal, a composição dos lipídios da dieta, assim como a forma de apresentação, podem afetar a digestibilidade intestinal dos ácidos graxos. O grau de insaturação é provavelmente a mais importante característica que influencia a digestibilidade, provavelmente por afetar a formação de micelas e o movimento dos ácidos graxos através da camada de água adjacente às microvilosidades do intestino delgado ou por serem reesterificados mais rapidamente no interior do enterócito, facilitando sua remoção do citosol e aumentando a taxa de absorção (WU et al., 1991; NRC, 2001).

Normalmente, o coeficiente de absorção intestinal de ácidos graxos apresenta valores de 80% para ácidos graxos saturados e de 90 a 92% para os insaturados, considerando dietas convencionais com teor lipídico na faixa de 2 a 3% da MS. De acordo com Palmquist e Mattos (2006), diferenças na absorção de ácidos graxos ocorrem em todos os animais, seguindo uma ordem: poli-insaturados > monoinsaturados > palmítico > esteárico.

Uma eficaz ferramenta para alavancar o desempenho animal é a manipulação da composição dos ácidos graxos que chegam ao intestino delgado, elevando a digestibilidade dos lipídios dietéticos.

2.3 Ácidos graxos n-3 e efeitos na saúde

Os ácidos graxos da família n-3 são ácidos monocarboxílicos alifáticos, nomeados de acordo com o número de carbonos que constitui sua cadeia, bem como o número e a localização das duplas ligações (MC MANUS et al., 2011).

O mais simples dos n-3 é o ácido linolênico (18:3 n-3), que pode ser sintetizado a partir do ácido linoleico (18:2 n-6) por meio de reações de dessaturação catalisada pela Δ -15 dessaturase. Entretanto, roedores e humanos não possuem essa enzima, tornando o 18:3 n-3 um ácido graxo essencial. Embora não sejam capazes de sintetizá-lo, podem metabolizá-lo a ácidos graxos de cadeia mais longa e insaturada por meio de reações de dessaturação e alongação. Desta forma, o 18:3 n-3 pode ser convertido a ácido estearidônico (18:4 n-3) pela Δ -6 dessaturase e esse pode ser alongado e dessaturado a ácidos eicosapentaenoico (20:5 n-3; EPA) e docosahexaenoico (22:6 n-3; DHA; CALDER, 2012).

Estima-se que somente 1 a 5% de 18:3 n-3 seja convertido em 20:5 n-3 e menos de 0,1% em 22:6 n-3, de forma que o aumento na ingestão de 18:3 n-3 não reproduz os efeitos benéficos decorrentes do consumo direto dos ácidos graxos 20:5 n-3 e 22:6 n-3 (HARRIS et al., 2008). A baixa conversão está relacionada com a competição entre os ácidos graxos das famílias n-6 e n-3 pela enzima Δ -6 dessaturase, que converte o 18:3 n-3 em 18:4 n-3 e 18:2 n-6 em araquidônico (20:4 n-6; JAMES et al., 2003). Apesar de a enzima Δ -6 dessaturase apresentar maior afinidade pelos n-3, a alta concentração de n-6 na dieta desloca a enzima para a via de síntese de 20:4 n-6, limitando assim a conversão de 18:3 n-3 em 20:5 n-3 e 22:6 n-3 (GUIL-GUERRERO et al., 2000).

O aumento da incidência de doenças inflamatórias, principalmente nos países ocidentais, é parcialmente atribuído ao consumo abundante de ácidos graxos poli-insaturados (AGPI) n-6 e à menor ingestão de AGPI da família n-3. Há relatos de que vivíamos com dietas com relação n-6:n-3 na razão de 1:1, no entanto, esta relação passou a 15-20:1, quando o ideal seria de 1 a 4:1 (SCHUMACHER et al., 2007). Neste contexto, a alimentação balanceada colabora com a prevenção e/ou tratamento de várias doenças inflamatórias (STANKE-LABESQUE et al., 2008).

Para colocar em evidência a importância dos ácidos graxos da família n-3, recentemente a Food and Drug Administration (FDA) anunciou que os ácidos graxos DHA e EPA foram selecionados como nutrientes prioritários para serem avaliados em termos de saúde pública e importância política. A American Dietetic Association e a American Heart Association recomendam a ingestão de 500 mg/dia de DHA+EPA, uma vez que ambos ocorrem juntos em fontes alimentares, baseado em evidências epidemiológicas e clínicas dos benefícios ao sistema circulatório coronariano e aos efeitos antidepressivos em humanos (SALEM JR e EGGERSDORFER, 2015).

Uma meta-análise realizada nos Estados Unidos também indicou a ingestão de 500 mg/dia como mais efetiva para indução dos efeitos benéficos ao organismo (KRIS-ETHERTON et al., 2009). A mortalidade devido a problemas cardíacos é reduzida em 35% com o consumo de EPA+DHA próximo aos valores de 250-500 mg/dia, um efeito comparável ao uso de medicamento como a estatina, potente redutor da biossíntese hepática de colesterol (PORTELA et al., 2014). Outras meta-análises indicaram risco 30% menor de acidente vascular cerebral isquêmico com o consumo de fontes de n-3 uma vez por semana (HARRIS et al., 2009). De maneira

geral, as recomendações diárias de EPA+DHA variam de 250 mg até mais de 1 g, representando uma demanda global de aproximadamente 1,3 bilhão kg/ano desses ácidos graxos, se considerarmos a população mundial de 7,6 bilhões de pessoas (FAO, 2016).

Diante de tais propriedades, iniciativas de grupos de pesquisa ao redor do mundo buscam elevar a oferta destes ácidos graxos benéficos na dieta humana por meio da nutrição animal, proporcionando naturalmente DHA na forma de produtos como a carne. Alterar a composição de ácidos graxos da carne de ruminantes por meio da suplementação com alimentos ricos em n-3 representa potencial alternativa para elevar a ingestão de ácidos graxos benéficos na dieta humana (MEALE et al., 2014).

2.4 Farinha de algas marinhas na produção animal

As algas são produtores primários de DHA e EPA no ambiente marinho e têm sido utilizadas como ingrediente de dietas para animais de produção, fornecendo ácidos graxos de cadeia longa, proteínas, pigmentos e cálcio. A produção de *Schizochytrium* sp., em escala comercial é realizada em lagoas ou fermentadores de aço inoxidável, sendo as células concentradas e ricas em DHA colhidas por centrifugação e secas, resultando em flocos dourados com teor de DHA superior a 12% (GANUZA et al., 2008).

A utilização de algas a partir de fontes naturais ou comerciais em rações apresenta algumas limitações como o alto custo de produção, contaminações com equipamentos de colheita (alumínio) utilizados para flocular algas em lagoas cultivadas e a presença de toxinas em algumas espécies (SIMOPOULOS, 1989).

Ainda que as recentes tecnologias desenvolvidas para fermentação e produção comercial de algas do gênero *Schizochytrium* propiciem custos mais baixos, comparados aos sistemas de produção em lagoas, a única desvantagem da utilização de algas como suplemento alimentar de ácidos graxos n-3 a ser superada continua sendo o elevado custo. São muitas as vantagens que este tipo de suplemento alimentar fornece, especialmente em termos de potenciais teores de DHA nos produtos alimentícios e facilidade de uso, devendo promover a aceitação para incorporação na alimentação animal na forma de farinha (GANUZA et al., 2008).

A suplementação de animais de produção com farinhas de algas tem mostrado grande potencial no enriquecimento nutricional de produtos de origem animal, como leite e carne. Papadopoulos et al. (2002) forneceram dietas contendo até 94,0 g de farinha de algas *Schizochytrium* sp. para ovelhas Karagouniko com o intuito de avaliar os aspectos produtivos e enriquecer nutricionalmente o leite e os produtos lácteos (iogurte e queijo Feta). A adição de farinha de algas reduziu o consumo dos animais, a produção de leite não diferiu entre tratamentos sendo que o teor de gordura do leite foi significativamente elevado. Os autores reportaram elevações significativas nas concentrações dos ácidos graxos 20:5 n-3 (de 0,4 para 2,1%), 22:5 n-6 (de 0,8 para 4,1%), 22:5 n-3 (de 2,1 para 3,1%) e 22:6 n-3 (de 4,3 para 12,4%) do leite e conseqüentemente dos derivados, que apresentaram relações n-6:n-3 de 2,5 e 4,5 respectivamente, sendo caracterizados como alimentos saudáveis.

Bichi et al. (2013) ao realizarem experimento com ovelhas Assaf alimentadas com dietas contendo óleo de girassol e teores crescentes de farinha de algas marinhas *Schizochytrium* sp. (147 g DHA/kg MS) não observaram diferenças na produção leiteira, mas reportaram redução de até 17% no teor de gordura do leite. Ainda segundo os autores, a inclusão de farinha de algas na dieta elevou os teores dos ácidos graxos insaturados 18:1 t11, 18:2 c9 t11, 20:5 n-3, 22:5 n-3 e 22:6 n-3 do leite.

Meale et al. (2014) avaliaram os efeitos da suplementação com até 3% de farinha de algas *Schizochytrium* sp. (147 g DHA/kg MS) na dieta de cordeiros Arcott canadense e constataram que as características de carcaça e lã não foram afetadas. Entretanto, a concentração de EPA aumentou linearmente nos tecidos adiposos com o aumento nos teores de farinha de algas marinhas na dieta. De modo semelhante, o DHA aumentou linearmente nos tecidos avaliados, diminuindo a relação n-6:n-3 dos mesmos.

2.5 Desempenho e digestibilidade em cordeiros

De acordo com Mertens (1994), o desempenho animal tem relação direta com o consumo de matéria seca digestível, de modo que 90% da variação no desempenho pode ser ocasionada pelo consumo e, no máximo, 40% advêm de oscilações na digestibilidade. Ou seja, em qualquer sistema de criação de ruminantes, seja extensivo ou intensivo, o consumo de alimento determina o aporte

de nutrientes para atender as exigências de manutenção e de ganho (DETMANN et al., 2003).

O desempenho do animal pode ser acompanhado de forma relativamente rápida e simples pelo aumento do peso corporal ao longo de um determinado período de tempo. Esta relação peso:tempo possibilita o cálculo do ganho médio de peso diário, um importante parâmetro do desempenho produtivo que auxilia na determinação do momento ideal de abate (GATENBY, 1986).

A conversão alimentar representa a eficiência com que o animal transforma o alimento em peso vivo e permite ao produtor tomar decisões importantes dentro do sistema de produção, haja vista que é este parâmetro que determina a redução na eficiência de produção. Sistemas eficientes em relação à conversão alimentar são aqueles com baixos valores, resultantes da relação entre o consumo de alimento dividido pelo ganho de peso dos animais.

Um dos fatores mais importantes para definição do ponto ótimo de abate é a eficiência de ganho de peso nas várias fases da curva de crescimento. Quanto maior a taxa de ganho, maior a eficiência de conversão em função da diluição das exigências de manutenção, que são relativamente constantes (LANNA e PACKER, 1998).

Já a digestibilidade está relacionada à cinética e a taxa de passagem da digesta pelo trato gastrointestinal, além de ser diretamente influenciada pelo consumo de alimentos (NRC, 2007). A determinação da digestibilidade é importante por estar relacionada ao valor nutricional do alimento fornecido aos animais, facilitando a escolha dos alimentos mais digestíveis, que se convertem mais facilmente em compostos simples e podem ser absorvidos no trato gastrointestinal (SALMAN et al., 2010; MURTA et al., 2011).

São diversas as técnicas utilizadas para determinação desse parâmetro, sendo as principais as *in vivo*, *in situ* e *in vitro*, que se distinguem principalmente pelo volume de dieta utilizada durante as avaliações. A digestibilidade *in vitro* é muito empregada em virtude da não disponibilidade de animais, economia de recursos, sendo realizada com uso de líquido ruminal em laboratórios, possibilitando analisar grande número de amostras simultaneamente (LAUER et al., 2001). Para determinação da digestibilidade *in situ* empregam-se animais fistulados com a incubação de amostras de alimentos diretamente no rúmen, obtendo-se excelente relação com a real digestibilidade do alimento (SALMAN et al., 2010).

A técnica *in vivo* caracteriza-se pela mensuração e coleta total de fezes e urina de animais previamente alocados e adaptados em gaiolas de ensaio metabólico, onde são alimentados com quantidades conhecidas de alimento. Nas amostras obtidas realizam-se análises químico-bromatológicas para posterior quantificação dos coeficientes de digestibilidade dos nutrientes. Essa quantificação é importante, pois permite o melhor ajuste da quantidade e qualidade das dietas, baseando-se nas exigências nutricionais de cada categoria animal (CARDOSO et al., 2000).

2.6 Características quantitativas da carcaça

Em um sistema de produção de carne, a carcaça é o elemento mais importante do animal, pois nela está contida a porção comestível. Nesse contexto, a avaliação quantitativa da carcaça é de suma importância, pois está diretamente relacionada ao produto final, além de complementarem a avaliação do desempenho do animal durante seu desenvolvimento (XIMENES et al., 2010).

As carcaças podem ser comercializadas inteiras, em componentes regionais ou na forma de cortes cárneos, sendo que para estes, o valor agregado proporciona preços diferenciados entre as diversas partes da carcaça e permitem o aproveitamento racional, evitando desperdícios (SILVA SOBRINHO E SILVA, 2000).

Atualmente, a conformação e o acabamento (grau de cobertura de gordura) das carcaças são critérios relacionados à qualidade e, admite-se que são os fatores que mais incidem sobre o valor final de sua comercialização (SILVA SOBRINHO, 2001). Uma conformação adequada indica desenvolvimento proporcional das distintas regiões anatômicas que integram a carcaça, de modo que as melhores conformações são alcançadas quando as partes de maior valor comercial (lombo e perna) estão bem pronunciadas (PIRES et al. 2006).

A quantidade de tecido adiposo na carcaça ovina é outro fator determinante de sua qualidade. A gordura, entre todos os componentes da carcaça, é o que apresenta maior variação quantitativa e, de acordo com as preferências dos diferentes mercados consumidores pode ser um fator depreciativo da carcaça e dos cortes cárneos (TEIXEIRA et al., 1992). Faz-se necessário de 2 a 5 mm de tecido adiposo sobre as carcaças, como determinante das boas características sensoriais da carne e também para prevenir perdas de água durante o resfriamento (OSÓRIO, 2002). Carcaças com pouca e desuniforme cobertura de gordura ressecam mais

rapidamente no processo de resfriamento, causando depreciação no produto (BUENO et al., 2000).

O rendimento de carcaça também é um parâmetro importante na avaliação dos animais, pois está diretamente relacionado à comercialização e, geralmente, é um dos primeiros índices a ser considerado, por expressar a relação percentual entre o peso da carcaça e o peso corporal ao abate, sendo expresso em porcentagem (ENDO et al., 2011). A espécie ovina apresenta rendimentos de carcaça que variam de 40 a 52%, sendo influenciados por fatores intrínsecos como raça, sexo, condição corporal e peso ao abate e extrínsecos como manejo alimentar e sistema de terminação (SOUSA, 1993). De acordo com Santos et al. (2000), o rendimento de carcaça aumenta com a elevação do peso corporal e com o grau de acabamento do animal.

Meale et al. (2014) avaliaram dietas contendo até 3% de farinha de algas marinhas do gênero *Schizochytrium* e não observaram diferenças nos pesos (23,2 kg) e rendimentos (51,05%) das carcaças de cordeiros da raça Arcott. De la Fuente-Vásquez et al. (2014) ao avaliarem dietas contendo 12,50% de linhaça, 4,00% de algas marinhas e 3,30% de óleo de peixe como fontes de ácidos graxos n-3, não observaram diferença na espessura de gordura de cobertura na carcaça de cordeiros da raça Manchega e reportaram valores entre 2,90 e 3,22 mm.

Burnett et al. (2016) ao avaliarem a suplementação de cordeiros *tricross* (Poll Dorset x Border Leicester x Merino) com 1,80% de linhaça e algas marinhas do gênero *Schizochytrium*, reportaram valores de “grade rule” (GR - 14,35 e 10,63 mm) 25,92% superiores nas carcaças dos cordeiros alimentados com dieta contendo linhaça. Urrutia et al. (2016) não encontraram diferenças na área de olho de lombo de cordeiros da raça Navarra alimentados com dietas contendo 14,29% de linhaça e 3,89% de farinha de algas marinhas do gênero *Schizochytrium* como fontes de ácidos graxos n-3, e reportaram valores entre 14,70 e 15,40 cm².

2.7 Características qualitativas da carne

2.7.1 pH

O pH ou potencial hidrogeniônico é um índice de acidez, neutralidade ou alcalinidade de um meio, no caso a carne ovina, sendo um dos indicadores de maior importância na avaliação da qualidade de carnes. Logo após o abate e a sangria do

animal, a circulação sanguínea e o aporte de oxigênio são cessados, ou seja, o metabolismo aeróbio das células se torna dependente do oxigênio muscular estocado nas mioglobinas. No momento em que o oxigênio é esgotado, as células passam a depender exclusivamente do mecanismo glicolítico (anaeróbio) para suprir toda a demanda energética. À medida que as reservas de ATP, fosfocreatina e glicogênio são consumidas, ocorre formação de ácido láctico, produto final do metabolismo anaeróbio, no músculo (RAMOS e GOMIDE, 2007).

Com a cessação do sistema circulatório, não há transporte de ácido láctico até o fígado para ser metabolizado, sendo o mesmo acumulado no tecido muscular, provocando a queda do pH, que em condições normais, na primeira hora *post mortem* declina de 7,2 para aproximadamente 6,2 (LEÃO et al., 2012). Segundo Osório et al. (1998), o pH final da carne de cordeiro, 24 horas após abate, se estabiliza com valores entre 5,5 e 5,8. O pH final e a velocidade de queda do mesmo afetam características qualitativas como cor, suculência, sabor, capacidade de retenção de água e a atividade microbiológica na carne (CEZAR e SOUSA, 2007).

De acordo com Sañudo (2000), o pH pode ser influenciado por fatores intrínsecos como tipo de músculo, raça, idade, sexo e individualidades do animal, e extrínsecos como alimentação, estresse, tempo de jejum e resfriamento.

Atti et al. (2007), ao avaliarem a carne de cordeiros alimentados com dietas contendo até 10% de farinha de peixe como fonte de ácidos graxos n-3, não observaram diferença no pH, que variou de 5,57 a 5,70. Urrutia et al. (2016) não encontraram diferenças nos valores de pH da carne de cordeiros da raça Navarra alimentados com dietas contendo 14,29% de óleo de linhaça ou 3,89% de algas marinhas do gênero *Schizochytrium* como fontes de ácidos graxos n-3, e reportaram valores entre 5,85 e 5,92.

2.7.2 Cor da carne

A carne possui cor devido à capacidade de refletir ou emitir diferentes quantidades de energia em comprimentos de ondas capazes de estimular a retina do olho. A cor e a aparência são importantes atributos de qualidade dos alimentos, sendo critérios utilizados para avaliar a qualidade de carnes (RAMOS e GOMIDE, 2007).

A cor da carne depende da concentração e da forma química da mioglobina muscular, que na carne fresca encontra-se reduzida (Fe^{++}) e com cor vermelho

púrpura. Esta, ao ser exposta por alguns minutos ao oxigênio, sofre oxigenação, transformando-se em oximioglobina, alterando sua cor para vermelho brilhante, e depois de prolongada exposição do corte ao oxigênio, ocorre excessiva oxidação, convertendo a oximioglobina em metamioglobina, com coloração marrom, diminuindo a atratividade do produto (ROÇA, 2000).

A determinação da cor da carne e dos produtos cárneos pode ser realizada por método subjetivo, que envolve observações sensoriais de pigmentos da carne, da gordura, presença de tecido conjuntivo e outros, sendo um método rápido e útil (RAMOS e GOMIDE, 2007). Porém, normalmente a carne é avaliada por método objetivo, utilizando colorímetro, que determina as coordenadas L^* (luminosidade), a^* (intensidade de vermelho) e b^* (intensidade de amarelo), componentes do modelo colorimétrico desenvolvido em 1976 pela Comissão Internacional de Iluminação (Commission International de l'Eclairage - CIE/ CIELAB).

De acordo com Sañudo et al. (2000), a carne de cordeiro geralmente tem valores de 30,03 a 49,47 para L^* ; 8,24 a 23,53 para a^* e 3,30 a 11,10 para b^* , podendo variar em função da idade, sexo e raça do animal, manejo pré-abate, nutrição e forma de congelamento da carne (SAÑUDO, 1992).

Outro fator que influencia a cor da carne ovina é a extensão da glicólise *post-mortem*, que em situações adversas pode originar a condição de DFD (Dark, Firm, Dry), em que o pH permanece acima de 6,0, 24 horas após o abate. Nestas condições, as proteínas miofibrilares da carne se encontram acima de seu ponto isoelétrico, com capacidade de retenção de água muito alta, permitindo pequena reflexão da luz. O aparecimento desse tipo de carne é um grave problema às indústrias frigoríficas, causando prejuízos econômicos (RAMOS e GOMIDE, 2007).

Albertí et al. (2014), ao avaliarem a carne de garrotes da raça Pirenaica alimentados com dietas contendo até 5,00% de óleo de linhaça como fonte de ácidos graxos n-3 não encontraram diferenças na cor ($L^*=42,4$ e $C^*=18,19$), mesmo após 14 dias de estocagem a 4 °C em ambiente escuro.

2.7.3 Capacidade de retenção de água

A capacidade de retenção de água (CRA) é uma propriedade importante na qualidade de carnes destinadas ao consumo *in natura* ou à industrialização, sendo a capacidade em reter umidade no momento da aplicação de forças externas como

aquecimento, cisalhamento, prensagem e moagem, e durante a mastigação (ROÇA, 2000).

A maioria da água presente no músculo encontra-se na estrutura miofibrilar (forma livre), nos espaçamentos entre os filamentos de actina e miosina. Com o encurtamento dos sarcômeros e formação dos complexos actomiosina, resultado do processo de *rigor mortis*, há expulsão da água desta microestrutura, causando redução na maciez, além de implicar em perdas no valor nutritivo pelo exsudato liberado, que carrega vitaminas, minerais, aminoácidos e outros nutrientes (SILVA SOBRINHO, 2001).

A CRA tem grande importância durante o armazenamento, transporte e comercialização da carne e produtos cárneos, uma vez que tecidos com baixa capacidade de retenção de água perdem mais umidade e consequentemente peso, acarretando em perdas econômicas. De maneira geral, estas perdas ocorrem nas superfícies musculares das carcaças expostas à atmosfera durante a estocagem e, uma vez realizados os cortes para venda, aumenta-se a perda de água em consequência da maior superfície de exposição (RAMOS e GOMIDE, 2007).

Segundo Sañudo (1992), os fatores intrínsecos que influem na capacidade de retenção de água são tipo de músculo, raça e idade ao abate; dentre os extrínsecos destacam-se alimentação, estresse pré-abate e condições pós-abate.

Há vários métodos para mensurar a CRA da carne ovina, sendo importante escolher o método que permita melhor comparação dos resultados. De acordo com Ramos e Gomide (2007), os métodos podem não envolver aplicação de força (perdas por gotejamento), utilizar aplicação de calor (perda por cocção) ou força mecânica (pressão em papel filtro). Apesar do método da pressão em papel filtro ser de difícil padronização, em relação à força aplicada, é amplamente utilizado considerando que os demais métodos são relativamente demorados ou onerosos.

Atti et al. (2007) avaliaram a carne de cordeiros alimentados com dietas contendo até 10% de farinha de peixe como fonte de ácidos graxos n-3 e não observaram diferenças na capacidade de retenção de água (6,10%).

2.7.4 Perdas de peso por cocção

A perda de peso durante o processo de cocção (PPC) é importante característica na avaliação da qualidade da carne ovina, estando associada ao rendimento da carne ou corte cárneo no momento do consumo. Esta perda é

fortemente influenciada pela capacidade de retenção de água nas estruturas miofibrilares da carne e tem relevância por influenciar outras características de qualidade, como cor, força de cisalhamento e suculência da carne (BONAGURIO et al., 2003).

Segundo Silva et al. (2008), estas perdas podem ser influenciadas pelo genótipo, condições de manejo pré e pós-abate e metodologia utilizada no preparo das amostras, tais como remoção ou padronização da gordura de cobertura dos cortes e tipo de equipamento utilizado. Além disso, as formas de transferência de calor, temperatura, duração do processo e o meio de cocção são fatores que podem causar alterações químicas e físicas, modificando a PPC e consequentemente a composição química e o valor nutricional da carne.

2.7.5 Maciez

Dentre as características que contribuem para a qualidade da carne durante o ato de degustação, a maciez assume posição de destaque, sendo considerada a característica de maior importância na determinação da aceitabilidade e satisfação do consumidor (RAMOS e GOMIDE, 2007). A importância da maciez no consumo de carnes pode ser comprovada por estudos como o de Boleman et al. (1997), que relataram a disposição dos consumidores para pagar mais caro pela garantia da maciez.

Para Lawrie (2005), a sensação de maciez envolve três aspectos: um inicial, relacionado à facilidade de penetração dos dentes na carne; um intermediário e mais prolongado, relacionado à fragmentação da carne durante a mastigação, e o final, que abrange a sensação de resíduo após a mastigação. A variação da maciez em carnes foi inicialmente atribuída à presença e quantidade de tecido conectivo e mais a frente estudos evidenciaram que a causa estaria na diferença de solubilidade do colágeno, a principal proteína estrutural do tecido conectivo. Embora sua concentração no músculo afete negativamente a maciez, sua principal contribuição à dureza da carne está relacionada à quantidade e estabilidade das ligações cruzadas entre suas fibras (RAMOS e GOMIDE, 2007).

A maciez da carne ovina pode ser mensurada por método subjetivo, utilizando painel sensorial, no qual um grupo de pessoas treinadas ou não, atribui notas à carne após provarem algumas amostras. Também pode ser medida de maneira objetiva, utilizando-se texturômetro, instrumento que mede a força necessária para

cisalhar uma seção transversal de carne, geralmente expressa em kgf (quilograma-força), kgf/cm² ou N (Newton), sendo que quanto maior a força, menos macia é a carne. Segundo Tatum et al. (1999), para a carne de cordeiro ser considerada macia, a força de cisalhamento deve ser inferior a 5 kgf, sendo que a aceitação pelo mercado consumidor passa a diminuir quando o valor de força de cisalhamento encontra-se acima de 11 kgf (BICKERSTAFFE et al., 1997).

De acordo com Destefanis et al. (2008), a maciez é altamente variável, em função de muitos fatores intrínsecos e extrínsecos, bem como as interações entre os mesmo. Já Sañudo (1992) mencionou como fatores intrínsecos que influenciam na maciez da carne ovina, a raça, o tipo de músculo e a idade do animal, e como fatores extrínsecos, a alimentação e o uso de aditivos, como os antioxidantes.

2.7.6 Colesterol e perfil de ácidos graxos

O consumidor tem dado grande importância à relação entre nutrição humana e saúde, se preocupando com os teores de colesterol e ácidos graxos saturados nos produtos de origem animal. Nas últimas décadas, a fração gordura tem recebido maior atenção, e alimentos com teores reduzidos de gordura total e com aumento na fração ácidos graxos insaturados têm ganhado espaço nas prateleiras.

O colesterol (C₂₇H₄₆O) é um importante esteroide do tipo lipídio-derivado ou lipídio esteroide, encontrado nos tecidos animais. Como são substâncias insolúveis em água, o transporte dos ésteres de colesterol e do próprio colesterol ocorre na forma de lipoproteínas plasmáticas, formadas pela combinação de apolipoproteínas e lipídios (LEHNINGER et al., 1995).

As lipoproteínas de baixa densidade (Low Density Lipoprotein - LDL) transportam o colesterol do fígado para os tecidos e paredes de vasos sanguíneos, onde é acumulado, podendo causar aterosclerose. A fração HDL (High Density Lipoprotein) é representada por lipoproteínas de alta densidade, que carregam o colesterol dos tecidos para o fígado, onde é catabolizado. Baixos níveis de HDL são considerados altamente perigosos, por acarretarem em doenças cardiovasculares (YAM, 1993).

A maior parte do colesterol, aproximadamente 70%, é proveniente da síntese biológica e apenas 30% são oriundos da dieta (BRAGAGNOLO; RODRIGUEZ-AMAYA, 2001). O organismo humano sintetiza cerca de 1000 mg de colesterol por dia e a média de consumo diário, pela alimentação, está entre 200 e 300 mg,

evidenciando que a absorção representa menos de 1/3 do total de colesterol no organismo.

A carne ovina é rica em ácidos graxos saturados (40 a 55%) e monoinsaturados (35 a 45%) com pequenas quantidades (1,5 a 7%) de poli-insaturados (LEÃO et al., 2012; BORGHI et al., 2016). Segundo Leão et al. (2012), os ácidos graxos saturados mais encontrados na carne ovina são o mirístico (14:0), palmítico (16:0) e esteárico (18:0); os monoinsaturados palmitoleico (16:1) e oleico (18:1 n-9) e os poli-insaturados linoleico (18:2 n-6), linolênico (18:3 n-3) e araquidônico (20:4 n-6).

A manipulação do perfil de ácidos graxos na carne de ruminantes é objetivo de várias pesquisas, pois os ácidos graxos depositados na gordura intramuscular destes animais diferem daqueles consumidos pelo animal, consequência da taxa e extensão da biohidrogenação ruminal (PALMQUIST e JENKINS, 1980). O ácido linoleico conjugado (CLA) 18:2 c9 t11 é um dos produtos intermediários da biohidrogenação ruminal, que posteriormente sofre redução na ligação cis, formando o ácido vaccênico (18:1 t11). Os isômeros do CLA, quando não reduzidos no rúmen, são absorvidos no intestino e considerados benéficos à saúde humana, pois reduzem os problemas com colesterol e diabetes, atuam na prevenção contra o câncer e obesidade, além de possuírem efeito antioxidante (VARELA et al., 2004).

A carne e o leite oriundos de animais ruminantes são as fontes de CLA na natureza, podendo conter de 0,2 a mais de 2% do total de ácidos graxos na forma de isômeros 18:2 (KHANAL e OLSON, 2004). Dentre os ruminantes, os ovinos se destacam pela capacidade de incorporar CLA na gordura intramuscular, e o fato dessa substância estar disponível neste tecido adiposo em específico, tem particular importância, pois comumente a gordura que é depositada sobre a porção muscular (subcutânea ou de cobertura) é retirada no momento do consumo (OSÓRIO et al., 2006).

Segundo Sañudo et al. (2000), o perfil de ácidos graxos da carne ovina pode variar de forma considerável entre animais, raças e dietas, sendo possível obter carnes com melhor perfil de ácidos graxos e consequentemente mais saudáveis, por meio de seleção, genética e alteração da alimentação.

Sucu et al. (2017), ao avaliarem a concentração de colesterol na carne de cordeiros da raça Merino alimentados com dietas contendo até 5 gramas de farinha de algas marinhas do gênero *Schizochytrium* durante 49 dias, observaram

diminuição de 61,68 para 58,22 mg/ dL. Segundo os mesmos autores, fontes de AGPI oriundos destas algas marinhas modulam o metabolismo das prostaglandinas, reduzindo o colesterol, destacando-se ainda pelas propriedades antitrombóticas e anti-inflamatórias.

2.7.7 Oxidação lipídica

Os lipídios são formados por diversos compostos químicos diferentes, sendo os ácidos graxos, as substâncias presentes em maior quantidade. A taxa de oxidação lipídica é dependente do grau de insaturação, e devido ao seu conteúdo de ácidos graxos insaturados, a carne é suscetível à deterioração oxidativa, a qual pode ser acelerada por processamentos tecnológicos anteriores à estocagem, como o corte e o cozimento, que rompem as membranas celulares do músculo, facilitando a interação dos ácidos graxos insaturados com substâncias pró-oxidantes (PADILHA, 2007).

A oxidação lipídica se inicia após o abate do animal, quando a ação antioxidante do tecido cárneo encontra-se limitada devido à interrupção do fluxo sanguíneo, tornando os lipídios suscetíveis à ação de pró-oxidantes. É um fenômeno espontâneo e inevitável, com uma implicação direta no valor comercial dos produtos, devido à rejeição por parte do consumidor, consequência do surgimento de odores e aromas característicos de ranço (GRAY et al., 1996).

Em carnes, a oxidação lipídica pode ser determinada pelo valor de TBARS (número de substâncias reativas ao ácido 2-tiobarbitúrico), uma vez que os produtos primários da oxidação constituem-se principalmente de hidroperóxidos, os quais são rapidamente decompostos em várias substâncias reativas ao ácido 2-tiobarbitúrico, sendo o malonaldeído (MDA) o elemento mais importante (PADILHA, 2007). Várias tecnologias vêm sendo desenvolvidas com o intuito de reduzir a oxidação lipídica e aumentar a vida de prateleira da carne, a saber: embalagens a vácuo, atmosfera modificada e utilização de antioxidantes, principalmente os naturais.

De la Fuente-Vásquez et al. (2014), ao avaliarem dietas contendo 12,50% de linhaça, 4,00% de algas marinhas e 3,30% de óleo de peixe como fontes de ácidos graxos n-3, não observaram diferença no valor de TBARS (0,07 mg MDA/kg) no dia 0. Entretanto, após sete dias de refrigeração, as amostras provenientes dos animais alimentados com linhaça e algas marinhas excederam o 0,5 mg de MDA/kg de carne, limiar para a detecção de sabores estranhos (off-flavors) por integrantes de

painéis treinados (LANARI et al., 1995). Na avaliação após o período de estocagem refrigerada, os maiores valores (acima de 2 mg MDA/kg) foram encontrados na carne dos animais alimentados com óleo de peixe.

2.7.8 Composição centesimal da carne ovina

A carne é considerada alimento nobre para o ser humano devido à alta quantidade e principalmente qualidade das proteínas, presença de ácidos graxos essenciais e vitaminas do complexo B. Segundo Tornberg (2005), a composição centesimal da carne ovina é de 75% de umidade, 20% de proteína, 3% de gordura e 2% de substâncias não proteicas (vitaminas, minerais, carboidratos e outros).

Dentre os componentes da carne, a água é o de maior representatividade percentual e o seu valor é inversamente proporcional ao de gordura. Por ser componente abundante, influi na qualidade da carne, afetando a suculência, textura, cor e o sabor (PRATA, 1999).

A proteína é o segundo maior componente da carne, podendo ser classificada de acordo com suas funções biológicas, relacionadas com a energia de metabolismo, contração e estrutura, ou de acordo com as propriedades químicas, solúveis ou insolúveis em água ou sais (FENNEMA, 1996).

A gordura é o componente da carne com maior variação e compreende os lipídios, principalmente triglicerídeos, fosfolipídios e esteróis. A gordura denominada intramuscular ou de marmorização, depositada entre os feixes musculares, desempenha papel ativo no metabolismo do músculo, funcionando como depósito do excedente de energia, principalmente na fase final de terminação dos cordeiros (PÉREZ, 1995).

A carne contém grande variedade de minerais, sendo, geralmente boa fonte destes na nutrição humana e apesar de representarem pequena fração da composição da carne, têm grande importância, com destaque para o ferro, essencial em diversas funções no organismo, como suporte do sistema imunológico e formação parcial da hemoglobina, responsável pelo transporte de oxigênio e dióxido de carbono (HASLER, 2002).

Fatores como raça, ambiente e dieta interferem na composição centesimal da carne. Segundo Zeola et al. (2004), a alimentação pode influenciar nas características da carne ovina, sendo que dietas com elevadas proporções de concentrados resultam em carnes com maiores teores de gordura, aumentando a

suculência e a maciez das mesmas, variando também a composição em ácidos graxos.

Albertí et al. (2014) avaliaram a carne de garrotes da raça Pirenaica alimentados com dietas contendo 5% de óleo de linhaça como fonte de ácidos graxos n-3 e não encontraram diferenças na composição centesimal, reportando valores de 75,16% de umidade, 22,2% de proteína e 1,16% de gordura.

2.7.9 Características sensoriais da carne ovina

A análise sensorial foi definida pela Divisão de Análise Sensorial do Instituto de Tecnologistas de Alimentos, em 1975, como a “disciplina científica utilizada para evocar, medir, analisar e interpretar reações frente às características de um alimento da forma como elas são percebidas pelos sentidos da visão, tato, paladar, olfato e audição” (GALVÃO, 2006).

De acordo com Sañudo e Campo (2008), a análise sensorial pode ser realizada por meio de painel treinado ou painel de consumidores (não treinados), sendo que o painel treinado deve possuir de 8 a 12 membros para cada produto. O método mais utilizado para medir a intensidade das sensações percebidas é o da escala hedônica, em que o julgador tem a responsabilidade de expressar a aceitação pelo produto em função de uma escala pré-estabelecida, baseando-se em escala de aprovação - gosta ou desgosta (CARNEIRO et al., 2005).

A avaliação deve ser realizada com amostras codificadas, sem informações, em cabines com separação individual, ambiente controlado e com luz vermelha, amenizando diferenças de cor das amostras (quando não se quer avaliar este atributo). Quando o objetivo do trabalho não é avaliar diferentes músculos, as amostras geralmente são provenientes de músculos *longissimus*.

A análise sensorial é de suma importância para a ciência da carne ovina e as pessoas envolvidas nas avaliações são de grande interesse, pois na carne, o perfil descritivo é o tipo de prova com maior utilidade, e a seleção dos descritores determina o sucesso da prova (SAÑUDO e CAMPO, 2008). Segundo Dutcosky (1996), é imprescindível a realização de análise sensorial eficiente, pois além de garantir a qualidade do produto, é capaz de detectar peculiaridades que não são percebidas em análises instrumentais. Além disso, este tipo de análise evidencia a preferência por determinados sabores, aromas e cores, dos mais variados nichos de

consumidores, influenciados por diversos fatores, principalmente padrão de educação, estrutura cultural e nível social.

Urrutia et al. (2016) observaram redução nas notas conferidas aos atributos odor (6,14 para 5,18) e sabor (5,98 para 4,94) e na aceitação global (6,07 para 5,14) ao submeterem carne de cordeiros da raça Navarra alimentados com dietas contendo 14,29% de óleo de linhaça e 3,89% algas marinhas do gênero *Schizochytrium* à análise sensorial. No caso, os consumidores detectaram sabor não característico (off-flavor) e identificaram como “sabor de peixe”.

O incremento nas proporções dos ácidos graxos DHA e EPA na carne de cordeiros alimentados com dieta contendo óleo de peixe e algas marinhas reduz o sabor característico da carne ovina e tende a elevar o sabor de peixe (DÍAZ et al., 2011). O efeito negativo dos ácidos graxos DHA e EPA na aceitabilidade da carne já foi reportado anteriormente em outros experimentos envolvendo não só a carne ovina (NUTE et al., 2007), mas também suína (OVERLAND et al., 1996).

3. Objetivos gerais

Objetivou-se avaliar o efeito de crescentes inclusões de farinha de algas marinhas do gênero *Schizochytrium* na dieta de cordeiros Ile de France terminados em confinamento, sobre o desempenho (ingestão de matéria seca, ganho de peso corporal e conversão alimentar), a digestibilidade dos nutrientes (matéria seca, matéria orgânica, proteína bruta, extrato etéreo, fibra insolúvel em detergente neutro, fibra insolúvel em detergente ácido, carboidratos totais e carboidratos não fibrosos), os parâmetros quantitativos da carcaça (rendimentos de carcaça quente e fria e perda de peso por resfriamento), os qualitativos da carne (pH, cor, capacidade de retenção de água, perdas de peso por descongelamento e cocção, força de cisalhamento, número de substâncias reativas ao ácido 2-tiobarbitúrico e análise sensorial), a composição centesimal (umidade, proteína, gordura e minerais), o perfil de ácidos graxos, o teor de colesterol, a atividade das enzimas dessaturase e elongase e os índices de aterogenicidade e trombonegicidade da carne proveniente do músculo *longissimus*.

4. Referências

ALBERTÍ, P.; BERIAIN, M. J.; RIPOLL, V.; PANEA, B.; MENDIZABAL, J. A.; PURROY, A.; OLLETA, J. L.; SAÑUDO, C. Effect of including linseed in a concentrate fed to young bulls on intramuscular fatty acids and beef color. **Meat Science**, v. 96, p. 1258-1265, 2014.

ARTERBURN, L. M.; HALL, E. B.; OKEN, H. Distribution, interconversion, and dose response of n-3 fatty acids in humans. **American Journal of Clinical Nutrition**, v.83, p. 1467-1476, 2006.

ASHES, J. R.; GULATI, S. K.; SCOTT, T. W. Potential to alter the content and composition of milk fat through nutrition. **Journal of Dairy Science**, v. 83, p. 1505-1519, 1997.

ATTI, N.; MAHOUACHI, M.; ROUISSI, H. Effects of fish meal in lamb diets on growth performance, carcass characteristics and subcutaneous fatty acid composition. **Options Méditerranéennes**, v. 74, p. 57-61, 2007.

AUGUSTIN, M. A ; BHAIL, S.; CHENG, L. J.; SHEN, Z.; OISETH, S.; SANGUANSRI, L. Use of whole buttermilk for microencapsulation of omega-3 oils. **Journal of Functional Foods**, v. 19, p. 859-867, 2015.

BICHI, E.; HERVÁS, G.; TORAL, P. G.; LOOR, J. J.; FRUTOS, P. Milk fat depression induced by dietary marine algae in dairy ewes: persistency of milk fatty acid composition and animal performance responses. **Journal of Dairy Science**, v. 96, p. 524-532, 2013.

BICKERSTAFFE, R.; LE COUTEUR, C. E.; MORTON, J. D. Consistency of tenderness in New Zealand retail meat. **Meat Science Technology**, v.43, p.196-197, 1997.

BOECKAERT, C.; VLAEMINCK, B.; DIJKSTRA, J.; ISSA-ZACHARIA, A.; VAN NESPEN, T.; VAN STRAALLEN, W.; FIEVEZ, V. Effect of dietary starch or micro

algae supplementation on rumen fermentation and milk fatty acid composition of dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v. 91, p. 4714-4727, 2008.

BOLEMAN, S. J., BOLEMAN, S. L., MILLER, R. K. Consumer evaluation of beef of know categories of tenderness. **Journal of Animal Science**, v. 75, p.1521-1524, 1997.

BONAGURIO, S. ; PEREZ, O. R. J. ; GARCIA, F. F. I. ; BRESSAN, M. C. ; LEMOS, C. S. L. A. Qualidade da carne de cordeiros Santa Inês puros e mestiços com Texel abatidos com diferentes pesos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 32, p. 1981-1991, 2003.

BORGHI, T. H.; SILVA SOBRINHO, A. G.; ZEOLA, N. M. B. L.; ALMEIDA, F. A.; CIRNE, L. G.; LIMA, A. R. C. Dietary glycerin does not affect meat quality of Ile de France lambs. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 45, p. 554-562, 2016.

BRAGAGNOLO, N., RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. Teores de colesterol em carnes suína e bovina e efeito do cozimento. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 15, p. 11-17, 2001.

BRIZ, R.C. Ovos com teores mais elevados de ácidos graxos ômega-3. In: SIMPÓSIO TÉCNICO DE PRODUÇÃO DE OVOS, 7., 1997, São Paulo. **Anais...** São Paulo: Associação paulista de Avicultura, 1997. p. 153-193.

BUENO, M. S.; CUNHA, E. A.; SANTOS, L. E.; RODA, D. S.; LEINZ, F. F. Características das carcaças de cordeiros Suffolk abatidos em diferentes idades. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 29, p. 1803-1810, 2000.

BURNETT, V. F.; JACOBS, J. L.; NORNG, S.; PONNAMPALAM, E. N. Feed intake, liveweight gain and carcass traits of lambs offered pelleted annual pasture hay supplemented with flaxseed (*Linum usitatissimum*) flakes or algase (*Schizochytrium* sp.). **Animal Production Science**, v. 57, p. 877-883, 2016.

CALDER, P.C. Mechanisms of action of n-3 fatty acids. **Journal of Nutrition**, v. 142, p. 592-599, 2012.

CARDOSO, R. C.; VALADARES FILHO, S. C.; SILVA, J. F. C.; PAULINO, M. F.; VALADARES, R. F. D.; CECON, P. R.; COSTA, M. A. L.; OLIVEIRA, R. V. Consumo e digestibilidades aparentes totais e parciais de rações contendo diferentes níveis de concentrado em novilhos F1 Limousin x Nelore. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, p.1832-1843, 2000.

CARNEIRO, J. C. S.; MINIM, V. P. R.; DE SOUZA JR, M. M.; CARNEIRO, J. E. S.; ARAÚJO, G. A. A. Perfil sensorial e aceitabilidade de cultivares de feijão. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 25, p. 18-24, 2005.

CEZAR, M. F.; SOUSA, W. H. **Carcaças ovinas e caprinas: obtenção, avaliação e classificação**. Uberaba: Agropecuária Tropical, 2007, 232 p.

CHURCH, D. C. **The ruminant animal: digestive, physiology and nutrition**. Englewood Cliffs: Simon & Schuster, 1988. 543p.

CZERKAWSKI, J. W.; CLAPPERTON, J. L. Fats as energy-yielding compounds in the ruminant diet. In: WISEMAN, J. **Fats in animal nutrition**. Boston: Butterworths, 1984. 249p.

DAVIS, C. L.; BROWN, R. E. Low-fat milk syndrome. In: PHILLIPSON, A. T. (Ed). **Physiology of digestion and metabolism in the ruminant**. Newcastle: Oriel Press Limited, 1970. p. 545-565.

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

DE LA FUENTE-VÁSQUEZ, J.; DÍAZ-DÍAZ-CHIRÓN, M. T.; PÉREZ-MARCOS, C.; CAÑEQUE, V.; SÁNCHEZ-GONZÁLES, C. I.; ALVAREZ-ACERO, I. Linseed, microalgae or fish oil dietary supplementation affects performance and quality characteristics of light lambs. **Spain Journal of Agriculture Research**, v. 12, p. 436-

447, 2014.

DEMEYER, D.; DOREAU, M. Targets and procedures for altering ruminant meat and milk lipids. **Proceedings of the Nutrition Society**, v. 58, p. 593-607, 1999.

DESTEFANIS, G.; BRUGIAPAGLIA, A.; BARGE, M. T.; DAL MOLIM, E. Relationship between beef consumer tenderness perception and Warner-Bratzler shear force. **Meat Science**, v. 78, p. 153-156, 2008.

DETMANN, E.; QUEIROZ, A. C.; CECON, P. R.; ZERVOUDAKIS, J. T.; PAULINO, M. F.; VALADARES FILHO, S. C.; CABRAL, L. S.; LANA, R. P. Consumo de fibra em detergente neutro por bovinos em confinamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 2, p. 1763-1777, 2003.

DÍAZ, M. T.; CAÑEQUE, V.; SÁNCHEZ, C. I.; LAUZURICA, S.; PÉREZ, C.; FERNÁNDEZ, C.; ÁLVAREZ, I.; DE LA FUENTE, J. Nutritional and sensory aspects of light lamb meat enriched in n-3 fatty acids during refrigerated storage. **Food Chemistry**, v. 124, p. 147-155, 2011.

DUTCOSKY, S. D. **Análise sensorial de alimentos**. Curitiba: Editora Universitária Champagnat, 1996. 123 p.

ELMORE, J. S.; COOPER, S. L.; ENSER, M.; DONALD, S. M. A.; SINCLAIR, L. A.; WILKINSON, R. G.; WOOD, J. D. Dietary manipulation of fatty acid composition in lamb meat and its effect on the volatile aroma compounds of grilled lamb. **Meat Science**, v. 69, p. 233-242, 2005.

ENDO, V.; SILVA SOBRINHO, A. G.; ALMEIDA, F. A.; ZEOLA, N. M. B. L.; MANZI, G. M. Características quantitativas da carcaça de cordeiros alimentados com cana-de-açúcar fornecida "in natura" e hidrolisada em ambientes aeróbico e anaeróbico. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE CARNES, 6., 2011, São Pedro. **Anais...** São Pedro: Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Carnes, 2011. 1 CD-ROM.

FAGUNDES, L. A. **Ômega-3 & Ômega-6: o equilíbrio dos ácidos gordurosos essenciais na prevenção de doenças**. Porto Alegre: Fundação de Radioterapia do Rio Grande do Sul, 2009. 267p.

FAO. Food and Agriculture: **Key to Achieving the 2030 Agenda for Sustainable Development**. Roma, 2016. FAO, 2016. Disponível em: http://www.fao.org/documents/card/en/c/d569c955-8237-42bf-813e5adf0c4241b9/?utm_source=faohomepage&utm_medium=web&utm_campaign=featurebar. Acesso em: 20 de mar. 2017.

FENNEMA, O. R. **Food chemistry**. 3 ed. New York: Marcel Dekker, 1996, p.225-321.

FRANKLIN, S. T.; MARTIN, K. R.; BAER, R. J.; SCHINGOETHE, D. J.; HIPPEN, A. R. Dietary marine algae (*Schizochytrium* sp.) increases concentrations of conjugated linoleic, docosahexaenoic and transvaccenic acids in milk of dairy cows. **Journal of Nutrition**, v. 129, p. 2048-2052, 1999.

GALVÃO, M. T. E. L. Análise sensorial de carnes. In: CASTILLO, C. J. C. (Ed.) **Qualidade da carne**. São Paulo: Livraria Varela, 2006. p. 185-199.

GANUZA, E.; BENÍTEZ-SANTANA, T.; ATALAH, E.; VEGA-ORELLANA, O.; GANGA, R.; IZQUIERDO, M.S. *Crypthecodinium cohnii* and *Schizochytrium* sp. as potential substitutes to fisheries-derived oils from seabream (*Sparus aurata*) microdiets. **Aquaculture**, v. 277, p. 109-116, 2008.

GATENBY, R. M. **Sheep production in the tropics and sub-tropics**. London: Longman, 1986. 351p.

GRAY, J. L.; GOMAA, E. A.; BUCKLEY, D. J. Oxidative quality and shelf life of meats. **Meat Science**, v. 43, p. 111-113, 1996.

GUIL-GUERRERO, J. L.; GOMEZ-MERCADO, F.; GARCIA-MAROTO, F.; CAMPRA-MADRID, P. Occurrence and characterization of oils rich in gamma-linolenic acid - Part I: Echium seeds from Macaronesia. **Phytochemistry**, v. 53, p. 451-456, 2000.

HANSEN A. E; WIESE, H. F.; BOELSCHE, A. N.; HAGGARD, M. E.; ADAM, D. J. D.; DAVIES, H. Role of linoleic acid in infant nutrition. Clinical and chemical study of 428 infants fed on milk mixtures varying in kind and amount of fat. **Pediatrics**, v. 31, p. 171-192, 1963.

HARFOOT, C. G.; HAZLEWOOD, G. P. Lipid metabolism in the rumen. In: HOBSON, P. N. **The rumen microbial ecosystem**. New York: Elsevier, 1988. cap. 9. p. 285-322.

HARFOOT, C. G.; HAZLEWOOD, G. P. Lipid metabolism in the rumen. In: HOBSON, P. N.; STEWART, C. S. **The rumen microbial system**. London: Chapman & Hall, 1997. p. 382-426.

HARRIS, W. S.; MILLER, M.; TIGHE, A. P.; DAVIDSON, M. H.; SCHAEFER, E. J. Omega-3 fatty acids and coronary heart disease risk: Clinical and mechanistic perspectives. **Atherosclerosis**, v. 197, p. 12-24, 2008.

HARRIS, W. S.; MOZAFFARIAN, D.; RIMM, E.; KRIS-ETHERTON, P.; RUDEL, L. L.; APPEL, L. J.; ENGLER, M. H.; ENGLER, M. B.; SACKS, F. Omega-6 fatty acids and risk for cardiovascular disease. **Circulation**, v. 119, p. 902-907, 2009.

HASLER, C. M. Functional foods: benefits, concerns and challenges - A position paper from the American Council on Science and Health. **The Journal of Nutrition**, v. 132, p. 3772-3781, 2002.

JAMES, M. J.; URSIN, V. M.; CLELAND, L. G. Metabolism of stearidonic acid in human subjects: comparison with the metabolism of other n-3 fatty acids. **American Journal of Clinical Nutrition**, v. 77, p. 1140-1145, 2003.

JENKINS, T. C. Lipid metabolism in the rumen. Symposium: Advances in ruminant lipid metabolism. **Journal of Dairy Science**, v. 79, p. 3851-3863, 1993.

KHANAL, R. C.; OLSON, K. C. Factors affecting conjugated linoleic acid (CLA) content in milk, meat and egg. **Pakistan Journal of Nutrition**, v. 3, p. 82-98, 2004.

KRIS-ETHERTON, P. M.; KRIS-ETHERTON, P. M.; BINKOSKI, A. E.; COVAL, S. M.; CLEMMER, K. F.; JACQUES, H.; ETHERTON, T. D. Dietary fat: assessing the evidence on support of a moderate-fat diet; the benchmark based on lipoprotein metabolism. **The Nutrition Society**, v. 61, p. 287-298, 2009.

LANARI, M. C.; SCHAEFER, D. M.; SCHELLER, K. K. Dietary supplementation and discoloration of pork bone and muscle following modified atmosphere packaging. **Meat Science**, v. 41, p. 237-250, 1995.

LANNA, D.P.; PACKER, I.V. Eficiência biológica e econômica de bovinos de corte. IN: WORKSHOP SOBRE QUALIDADE DA CARNE E MELHORAMENTO GENÉTICO DE BOVINOS, 1., 1998, São Carlos. **Anais...** São Carlos: EMBRAPA/FUNDEPEC. 1998. p.83-104.

LAWRIE, R. A. **Ciência da carne**. 6.ed. Porto Alegre: Artmed, 2005. 384p.

LEÃO, A. G.; SILVA SOBRINHO, A. G.; MORENO, G. M. B.; DE SOUZA, H. B. A.; GIAMPIETRO, A.; ROSSI, R. C.; PEREZ, H. L. Physic-chemical and sensorial characteristics of meat from lambs finished with diets containing sugar cane or corn silage and two levels of concentrate. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 41, p. 1253-1262, 2012.

LEHNINGER, A. L., NELSON, D. L., COX, M. M. **Princípios de bioquímica**. 2 ed. São Paulo: Sarvier, 1995. 810p.

MAIA, M. R. G.; MAIA, M. R. G.; CHAUDHARY, L. C.; FIGUERES, L.; WALLACE, R. J. Metabolism of polyunsaturated fatty acids and their toxicity to the micro flora of the rumen. **Antonie Van Leeuwenhoek**, v. 91, p. 303-314, 2007.

MCDONALD, P.; EDWARD, R. A.; GREENHALGH, J. E. D. **Nutrición animal**. E Acríbia: Editora Zaragoza, 1999. 576p.

MC MANUS, A.; MERDA, M.; NEWTON, W. Omega-3 fatty acids. What consumers need to know. **Appetite**, v. 57, p. 80-83, 2011.

MEALE, S. J.; CHAVES, A. V.; HE, M. L.; MCALLISTER, T. A. Dose-response of supplementing marine algae (*Schizochytrium* sp.) on production performance, fatty acid profiles, and wool parameters of growing lambs. **Journal of Animal Science**, v. 92, p. 2202-2213, 2014.

MELUZZI, A.; SIRRI, F.; TALLARICO, N.; FRANCHINI, A. Effect of different vegetable lipid sources on the fatty acid composition of egg yolk and on hen performance. **Archives Geflugelkd**, v. 65, 207-213, 2001.

MERTENS, D.R. Regulation of forage intake. In: FAHEY JR., G.C. (Ed.) **Forage quality, evaluation and utilization**. Madison: American Society of Agronomy, 1994. p.450-493.

MOONEY, J. W.; HIRSCHLER, E. M.; KENNEDY, A. K.; SAMS, A. R.; VAN ELSWYK, M. E. Lipid and flavor quality of stored breast meat from broilers fed marine algae. **Journal of Food Science Agriculture**, v. 78, p. 134-140, 1998.

MURTA, R. M.; CHAVES, M. A.; PIRES, A. J. V.; VELOSO, C. M.; SILVA, F. F.; NETO, A. L. R.; FILHO, A. E.; SANTOS, P. E. F. Desempenho e digestibilidade aparente dos nutrientes em ovinos alimentados com dietas contendo bagaço de cana-de-açúcar tratado com óxido de cálcio. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, p.1325-1332, 2011.

NRC. National Research Council. **Nutrients requirements of dairy cattle**. 7 ed. Washington: National Academys Press, 2001. 254p.

NRC. National Research Council. **Nutrients requirements of sheep**. Washington: National Academys Press, 2007. 362p.

NUTE, G. R.; RICHARDSON, R. I.; WOOD, J. D.; HUGHES, S. I.; WILKINSON, R. G. Effects of dietary oil source on the flavor and the color and lipid stability of lamb meat. **Meat Science**, v. 77, p. 547-555, 2007.

OSÓRIO, J. C. S. Produção de carne em cordeiros cruza de ovelhas Corriedale com Hampshire Down. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 39., 2002, Recife. **Anais...** Recife: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2002. 1 CD-ROM.

OSÓRIO, J. C. S.; OSÓRIO, M. T.; JARDIM, P. O.; PIMENTEL, M. A.; POUEY, J. L.; CARDELLINO, R. A.; MOTTA, L.; ESTEVES, R. **Métodos para avaliação da produção de carne ovina: *in vivo*, na carcaça e na carne**. Pelotas: Editora Universitária/ UFPel, 1998. 107p.

OSÓRIO, M. T. M.; OSÓRIO, S. G. J.; HASHIMOTO, J. J. R.; BONACINA, M.; ÁVILA, C. C. Qualidade nutritiva e funcional da carne ovina. In: SEMANA DA CAPRINOCULTURA E DA OVINOCULTURA BRASILEIRA, 5., 2006, Campo Grande. **Anais...** Campo Grande: EMBRAPA:CNPGC, 2006. 1 CD-ROM.

OVERLAND, M.; TANGBOL, O.; HAUG, A.; SUNDSTOL, E. Effect of fish oil on growth performance, carcass characteristics, sensory parameters and fatty acid composition in pigs. **Acta Agriculturae Scandinavia**, v. 46, p. 11-17, 1996.

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

PALMQUIST, D. L. ; JENKINS, T. C. Fat in lactation rations : review. **Journal of Dairy Science**, v. 63, p. 1-14, 1980.

PALMQUIST, D. L. ; MATTOS, W. R. S. Metabolismo de lipídeos. In : BERCHIELI, T. T. ; PIRES, A. V. ; OLIVEIRA, S. G. (Ed.). **Nutrição de ruminantes**. Jaboticabal : Funep, 2006. p. 287-310.

PAPADOPOULOS, G.; GOULAS, C.; APOSTOLAKI, E.; ABRIL, R. Effects of dietary supplements of algae, containing polyunsaturated fatty acids, on milk yield and the composition of milk products in dairy ewes. **Journal of Dairy Research**, v. 69, p. 357-365, 2002.

PENNINGTON, J. A.; DAVIS, C. L. Effects of intraruminal and intra-abomasal additions of cod-liver oil on milk fat production in cow. **Journal of Dairy Science**, v. 58, p. 49-55, 1975.

PÉREZ, J. R. O. Alguns aspectos relacionados com a qualidade da carcaça e da carne ovina. In: SIMPÓSIO PAULISTA DE OVINOCULTURA, 4., 1995, Campinas. **Anais...**Campinas: ASPACO - CATI - FMVZ/Unesp – SENAR, 1995. p.125-139.

PIRES, C. C.; SILVA, L. F.; SCHILCK, F. E.; GUERRA, D. P.; BISCAINO, G.; CARNEIRO, R. M. Características da carcaça de cordeiros alimentados com dietas contendo diferentes níveis de fibra em detergente neutro. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 35, p. 2058-2065, 2006.

PORTELA, A. S.; NETO, A. N. M.; DA SILVA, P. C. D.; SIMÕES, M. O. S.; ALMEIDA, M. G. Estaminas vs ácido lipóico na prevenção e tratamento de doenças cardiovasculares. **Journal of Basic and Applied Pharmaceutical Sciences**, v.35, p. 9-15, 2014.

PRATA, L. F. **Higiene e inspeção de carnes, pescado e derivados**. Jaboticabal: FUNEP, 1999. 217 p.

RAMOS, E. M.; GOMIDE, L. A. M. **Avaliação da qualidade de carnes: fundamentos e metodologias**. 5. ed. Viçosa: UFV, 2007. 599 p.

REIS, W.; JOBIM, C. C.; MACEDO, F. A. F.; MARTINS, E. N.; CECATO, U.; SILVEIRA, A. Desempenho de cordeiros terminados em confinamento, consumindo silagens de milho de grãos com alta umidade ou grãos de milho hidratados em substituição aos grãos de milho seco da dieta. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 30, p. 596-603, 2001.

ROÇA, R. O. **Propriedades da carne**. Botucatu: FCA-Unesp, 2000. 10 p.

SARKER, P. K.; GAMBLE, M. M.; KELSON, S.; KAPUSCINSKI, A. R. Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) show high digestibility of lipid and fatty acids from marine *Schizochytrium* sp. and of protein and essential amino acids from freshwater *Spirulina* sp. feed ingredients. **Aquaculture Nutrition**, v. 22, p. 109-119, 2016.

SALEM JR, N.; EGGERSDORFER, M. Is the world supply of omega-3 fatty acids adequate for optimal human nutrition?. **Lipid metabolism and therapy**, v. 18, p. 147-154, 2015.

SALMAN, A. K. D.; FERREIRA, A. C. D.; SOARES, J. P. G.; SOUZA, J. P. **Metodologias para avaliação de alimentos para ruminantes domésticos**. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária Centro de Pesquisa Agroflorestal de Rondônia Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Porto Velho: Embrapa Rondônia, 2010. 21p.

SANTOS, C. L.; PEREZ, J. R. O.; SIQUEIRA, E. R.; MUNIZ, J. A.; BONAGURIO, S. Proporção de tecido ósseo, muscular e adiposo da carcaça de cordeiros Santa Inês e Bergamácia. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 37., 2000, Viçosa, MG. **Anais...** Viçosa: SBZ, 2000. 1 CD-ROM.

SAÑUDO, C.; CAMPO, M.M. Calidad de la carne de vacuno. In: SAÑUDO, C.; JIMENO, V.; CERVIÑO, M. (Eds.) **Producción de ganado vacuno de carne y tipos comerciales en España**. 1.ed. Madri: Schering-Ploug, 2008. p. 207-235.

SAÑUDO, C.; ENSER, M. E.; CAMPO, M. M.; NUTE, G. R.; MARIA, G.; SIERRA, I.; WOOD, J. D. Fatty acid composition and sensory characteristics of lamb carcasses from Britain and Spain. **Meat Science**, v. 54, p. 339-346, 2000.

SAÑUDO, C. **La calidad organoléptica de la carne com especial referencia a la especie ovina. Factores que la determinam, metodos de medida y causas de variacion**. Zaragoza: Facultad de Veterinaria - Departamento Producción Animal y Ciencia de los Alimentos, 1992. 117 p.

SARDI, L.; MARTELLI, G.; LAMBERTINI, L.; PARISINI, P.; MORDENTI, A. Effects of a dietary supplement of DHA-rich marine algae on Italian heavy pig production parameters. **Livestock Science**, v. 103, p. 95-103, 2006.

SCHUMACHER, M. C.; LAVENA, B.; WOLKE, A.; BRENDLER, C. B.; EKMAN, P. Do omega-3 dietary fatty acids lower prostate cancer risk? A review of the literature. **Current Urology**, v.1, p. 2-10, 2007.

SILVA, N. V.; COSTA, R. G.; MEDEIROS, A. N. Biometria e correlações com características de carcaça de cordeiros Morada Nova alimentados com dietas contendo feno de flor de seda. In: V CONGRESSO NORDESTINO DE PRODUÇÃO, 5., 2008, Aracajú. **Anais...** Aracaju, SNPA. 2008.

SILVA SOBRINHO, A. G. **Criação de ovinos**. 2. ed. Jaboticabal: Funep, 2001. 302 p.

SILVA SOBRINHO, A. G.; SILVA, A. M. A. Produção de carne ovina. **Revista Nacional da carne**, v. 24, p. 32-44, 2000.

SIMOPOULOS, A. P. The future direction of nutrition research: A nutrition and food sciences agency is the key to progress. **Journal of Nutrition**, v. 119, p. 137-139, 1989.

SIRRI, F.; MINELLI, G.; IAFFALDANO, N.; TALLARICO, N.; FRANCHINI, A. Oxidative stability and quality traits of n-3 PUFA enriched chicken meat. **Italian Journal of Animal Science**, v. 2, p.450-452, 2003.

STANKE-LABESQUE, F.; MOLIERE, P.; BESSARD, J.; LAVILLE, M., VÉRICEL, E.; LAGARDE, M. Effect of dietary supplementation with increasing doses of docosahexaenoic acid on neutrophil lipid composition and leukotriene production in human healthy volunteers. **British Journal of Nutrition**, v. 100, p. 829-833, 2008.

SUCU, E.; UDUM, D.; GUNES, N.; CANBOLAT, O.; FILYA, I. Influence of supplementing diet with microalgae (*Schizochytrium limacinum*) on growth and

metabolism in lambs during the summer. **Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences**, v. 41, p. 167-174, 2017.

TATUM, J. D.; SMITH, G. C.; BELK, K. E. New approaches for improving tenderness, quality and consistency of beef. PROCEEDINGS OF THE ANIMAL SOCIETY OF ANIMAL SCIENCE, Indianapolis. **Proceedings...** California: American Society of Animal Science, 1999. p.1-10.

TEIXEIRA, A.; DELFA, R. GONZALES, C. El grado de engrasamiento. **Revista Ovis**, v. 19, p. 21-35, 1992.

TORNBERG, E. Effects of heat on meat proteins - Implications on structure and quality of meat products. **Meat Science**, v. 70, p. 493-508, 2005.

URRUTIA, O.; MENDIZABAL, J. A.; INSAUSTI, K.; SORET, B.; PURROY, A.; ARANA, A. Effects of addition of linseed and marine algae to the diet on adipose tissue development, fatty acid profile, lipogenic gene expression, and meat quality in lambs. **Plos One**, v. 11, p. 1-23, 2016.

VARELA, A.; OLLETE, B.; MORENO, T.; PORTELA, C.; MONSERRAT, L.; CARBALLO, J. A.; SÁNCHEZ, L. Effect of pasture finishing on the meat characteristics and intramuscular fatty acid profile of steers of the Rubia Gallega breed. **Meat Science**, v.67, p.515-522, 2004.

WU, Z.; OHAJURUKA, O. A.; PALMQUIST, D. L. Ruminal synthesis, biohydrogenation and digestibility of fatty acids by dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v. 74, p. 3025-3034, 1991.

XIMENES, L. J. F.; MARTINS, G. A.; MORAIS, O. R. **Ciência e tecnologia na pecuária de caprinos e ovinos**. Fortaleza: Banco do Nordeste do Brasil, 2010. 732 p.

YAM, D. El consumo de grasas y huevos: la hipercolesterolemia y enfermedades relacionadas. In CONGRESO LATINOAMERICANO DE AVICULTURA, 12., 1993,

Santo Domingo. **Anais...** CONGRESSO LATINOAMERICANO DE AVICULTURA, Santo Domingo, República Dominicana, 1993.

ZEOLA, N. M. B. L.; SILVA SOBRINHO, A. G.; GONZAGA NETO, S.; MARQUES, C. A. T. Composição centesimal da carne de cordeiros submetidos a dietas com diferentes teores de concentrado. **Ciência Rural**, v. 34, p. 253-257, 2004.

CAPÍTULO 2 - FARINHA DE ALGAS MARINHAS (*Schizochytrium* sp.) NA ALIMENTAÇÃO DE CORDEIROS CONFINADOS: DESEMPENHO E DIGESTIBILIDADE

RESUMO - Objetivou-se avaliar o desempenho e a digestibilidade dos nutrientes de cordeiros Ile de France terminados em confinamento, recebendo dietas com crescentes inclusões de farinha de algas marinhas. Foram utilizados 32 cordeiros não castrados com aproximadamente 60 dias de idade e $20 \pm 0,2$ kg de peso corporal, alojados em baias individuais e abatidos aos $35,0 \pm 0,2$ kg. Os tratamentos foram compostos por quatro dietas: D0- silagem de milho + concentrado sem farinha de algas; D2- silagem de milho + concentrado + 2% de farinha de algas; D4- silagem de milho + concentrado + 4% de farinha de algas e D6- silagem de milho + concentrado + 6% de farinha de algas. A relação volumoso:concentrado foi 40:60, compondo dietas com semelhantes teores proteicos (15%) e energéticos (3,3 Mcal de energia digestível/kg de matéria seca). Os dados foram avaliados num delineamento experimental inteiramente casualizado, com quatro tratamentos e oito repetições. Os resultados foram submetidos à análise de variância e regressão, com os graus de liberdade desdobrados em efeitos linear, quadrático e cúbico. As inclusões de farinha de algas marinhas influenciaram ($P < 0,05$) o consumo de nutrientes, com efeito linear decrescente para matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), proteína bruta (PB), fibra insolúvel em detergente neutro (FDN), fibra insolúvel em detergente ácido (FDA) e energia bruta (EB), e crescente para a fração extrato etéreo (EE). Da mesma forma, a digestibilidade dos nutrientes foi reduzida pelas inclusões de farinha de algas marinhas, com efeito ($P < 0,05$) linear decrescente para as variáveis MS, MO, FDN, FDA, CHOT e CNF. A digestibilidade da fração EE apresentou efeito ($P < 0,05$) linear crescente e a PB, quadrático. O peso do fígado dos cordeiros aumentou ($P < 0,05$) linearmente. As medidas das papilas ruminais dos cordeiros diminuíram ($P < 0,05$) com as inclusões de farinha de algas marinhas nas dietas. Na avaliação do desempenho foram observados efeitos ($P < 0,05$) lineares crescente para dias de confinamento (DC) e decrescente para ingestão de matéria seca (IMS) e ganho médio de peso corporal (GMDP). As inclusões de farinha de algas marinhas não alteraram ($P > 0,05$) a conversão alimentar (CA) dos cordeiros. A farinha de algas marinhas não se mostrou uma alternativa interessante para, uma

vez que prejudica o consumo e a digestibilidade de nutrientes, diminuindo o ganho de peso e aumentando os dias de confinamento dos cordeiros.

Palavras-chave: alimento alternativo, consumo, lipídios, ovinos

Introdução

O aumento na demanda por proteína animal tem gerado a necessidade de intensificar os sistemas de produção para abastecer os crescentes mercados. A Divisão de População do Departamento de Economia e Assuntos Sociais da Organização das Nações Unidas prevê uma população global de 9,3 bilhões de pessoas em 2050, podendo chegar a 10 bilhões ao final do século. Com isso, a demanda por alimentos aumentará em até 70%, sendo o Brasil responsável pelo incremento de grande parte deste montante (FAO, 2016; RAHMAN, 2016). Entende-se que as cadeias produtoras de proteína animal no país terão papel fundamental no suprimento de alimentos para a população mundial nas próximas décadas.

Dentre as categorias ovinas, o cordeiro é potencialmente a de maior aceitabilidade no mercado consumidor, pelas melhores características de carcaça e carne, com menos gordura, maior maciez e aroma mais suave em relação a animais mais velhos. Neste sentido, para atender as exigências e a demanda do mercado, a terminação de cordeiros em confinamento tem sido uma alternativa que possibilita alcançar o máximo potencial genético dos animais pelo melhor balanceamento das dietas, refletindo no aumento da densidade energética e afetando positivamente o desempenho animal (ZANETTE e NEUMANN, 2012).

A base da fração concentrada das formulações é constituída por milho e soja, que totalizam de 70 a 80% da composição e custos com alimentação (ARRIGONI et al., 2013). Neste sentido, faz-se necessário a substituição desses ingredientes por alimentos alternativos devidamente avaliados, sem prejudicar o desempenho dos animais.

A farinha de algas marinhas do gênero *Schizochytrium*, composta por 19% de proteína bruta e 50% de lipídios, sendo 27,20% de ácido docosaheptaenoico (DHA) e 0,28% de eicosapentaenoico (EPA), surge como fonte de proteína e energia para animais de produção. Trabalhos têm sido desenvolvidos com o intuito de avaliar os efeitos da inclusão destas algas marinhas como fonte de ácidos graxos poli-insaturados na dieta de ruminantes, sendo a maioria direcionados para a nutrição de

bovinos (WULLEPIT et al., 2012) e ovinos com aptidão leiteira (BICHI et al., 2013). São poucos os estudos que se atentaram aos efeitos da suplementação dietética com estas algas, quando incluídas em diferentes níveis, sobre o desempenho produtivo e a digestibilidade dos nutrientes em ovinos de corte (HOPKINS et al., 2014; SUCU et al., 2017).

Diante do exposto, objetivou-se avaliar o efeito de crescentes inclusões de farinha de algas marinhas do gênero *Schizochytrium* na dieta de cordeiros Ile de France terminados em confinamento, sobre o desempenho e a digestibilidade dos nutrientes.

2. Material e métodos

O experimento seguiu os princípios éticos da experimentação animal adotados pelo Conselho Nacional de Controle da Experimentação Animal (CONCEA) e foi aprovado pela Comissão de Ética no Uso de Animais (CEUA) da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, FCAV - Unesp, sob protocolo nº 12883/15.

O experimento foi desenvolvido na Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, FCAV - Unesp, Câmpus de Jaboticabal, SP, localizada a 21°15'22" de latitude Sul e 48°18'58" de longitude Oeste, com altitude de 595 m. O confinamento, o ensaio de digestibilidade e o abate dos cordeiros foram realizados nas dependências do Laboratório de Produção Ovina e as análises químico-bromatológicas no Laboratório de Nutrição Animal, ambos pertencentes ao Departamento de Zootecnia.

No ensaio de desempenho foram utilizados 32 cordeiros Ile de France não castrados, recém-desmamados, com aproximadamente 60 dias de idade e $20,0 \pm 0,2$ kg de peso corporal (PC). Os animais foram alojados em baias individuais (galpão coberto), com aproximadamente 1,0 m², piso ripado e suspenso e equipadas com comedouro e bebedouro. No início do experimento os cordeiros foram identificados, desverminados (Zolvix - 0,1 mL/kg), suplementados com vitaminas A, D e E (Calbos - 3 mL), vacinados contra clostridioses (Sintoxan T - 3 mL) e distribuídos aleatoriamente nos tratamentos, que foram os seguintes: D0: silagem de milho + concentrado sem farinha de algas, D2: silagem de milho + concentrado + 2% de farinha de algas, D4: silagem de milho + concentrado + 4% de farinha de algas e D6: silagem de milho + concentrado + 6% de farinha de algas, com base na matéria seca das dietas.

O concentrado foi composto por milho moído, farelo de soja, fosfato bicálcico, calcário calcítico, suplementos mineral e vitamínico, e ureia (Tabela 1). A farinha de algas marinhas, do gênero *Schizochytrium*, composta por 50% de extrato etéreo (140 g/ kg de ácido docosahexaenoico (DHA)), 19,22% de proteína bruta, 27,11% de carboidratos e 3,67% de minerais, foi misturada aos demais ingredientes do concentrado no momento de elaboração das dietas e ao volumoso durante o fornecimento.

A relação volumoso:concentrado foi 40:60, compondo dietas com semelhantes teores proteicos (15%) e energéticos (3,3 Mcal de energia digestível/kg de MS). As dietas experimentais foram calculadas para atender às exigências preconizadas pelo NRC (2007) para cordeiros desmamados, com ganho médio de peso de 300 g/dia.

Tabela 1 - Composição percentual dos ingredientes e químico-bromatológica das dietas experimentais

Composição	Dieta experimental ¹			
	D0	D2	D4	D6
Ingredientes (% MS)				
Silagem de milho	39,41	40,48	41,61	42,68
Milho em grão moído	46,03	43,21	40,40	37,60
Farelo de soja	11,38	11,11	10,84	10,57
Fosfato bicálcico	0,50	0,50	0,50	0,50
Calcário calcítico	0,68	0,70	0,65	0,65
Suplementos mineral e vitamínico ²	1,00	1,00	1,00	1,00
Ureia	1,00	1,00	1,00	1,00
Farinha de algas	0,00	2,00	4,00	6,00
Bromatológica				
Matéria seca (MS) ³	50,05	49,46	48,96	49,94
Proteína bruta (PB) ⁴	15,02	15,42	15,26	15,10
Extrato etéreo (EE) ⁴	3,38	4,29	5,20	6,11
Matéria mineral (MM) ⁴	3,00	3,44	3,42	3,43
Fibra em detergente neutro (FDN) ⁴	24,59	24,48	23,67	23,03
Fibra em detergente ácido (FDA) ⁴	17,07	16,38	16,12	16,02
Energia metabolizável (Mcal/kg MS)	2,67	2,68	2,74	2,74

¹D0: concentrado sem farinha de algas; D2: concentrado + 2% de farinha de algas; D4: concentrado + 4% de farinha de algas; D6: concentrado + 6% de farinha de algas.

²Níveis de garantia por kg do produto: cálcio 120 g, cloro 90 g, sódio 62 g, magnésio 54 g, fósforo 50 g, enxofre 34 g, zinco 1600 mg, manganês 1500 mg, ferro 1064 mg, flúor (máx) 730 mg, cobre 50 mg, iodo 25 mg, selênio 20 mg, cobalto 10 mg e vitamina A 100.000 UI, vitamina D3 40.000 UI e vitamina E 600 UI.

³%.

⁴% da MS.

As dietas foram oferecidas diariamente as 7 e 17 h, de forma a permitir 10% de sobras (matéria natural). Os cordeiros foram avaliados quanto à verminose (método Famacha®) e pesados quinzenalmente (sem jejum) para acompanhamento e avaliação do desempenho e ao atingirem $35,0 \pm 0,2$ kg de peso corporal, mantidos em jejum de dieta sólida por 16 horas e abatidos. O confinamento teve duração de 91 dias (julho a setembro), sendo 14 dias de adaptação e 77 de coleta de dados.

Após o abate, foram coletados fragmentos da mucosa do rúmen na região cranial do saco ventral e fixados em líquido de Bouin por 24 horas. Após o período de fixação as amostras foram mantidas em álcool 70° GL até o processamento

histológico (LILLIE e FULLMER, 1968). O diâmetro da base e a altura das papilas foram mensuradas em imagens digitalizadas obtidas em microscópio (Olympus - modelo BX61VS) e posteriormente analisadas no programa de análises de imagens FIJI Image J. Foi determinado o peso do fígado dos cordeiros.

Visando avaliar o consumo de matéria seca (CMS) dos cordeiros, expresso em quilogramas por dia (kg/dia) e em porcentagem do peso corporal (%PC), as sobras das dietas foram recolhidas diariamente, pesadas e subtraídas do total fornecido. A partir do CMS e dos dias de confinamento (DC), foram calculados o ganho médio diário de peso (GMDP) e a conversão alimentar (CMS/GMDP).

Após o período de confinamento, amostras das dietas e das sobras foram pré-secas em estufa com circulação de ar forçada a 55 °C por 72 horas, moídas em moinho tipo Willey com peneira de crivos de 1 mm e realizadas as análises de matéria seca (MS, 930.15), matéria mineral (MM, 942.05), extrato etéreo (EE, 920.39) e nitrogênio total (N, 984.13) conforme metodologias descritas pela Association of Official Analytical Chemists (AOAC, 1995). A proteína bruta (PB) foi estimada multiplicando-se o N total pelo fator 6,25 e a matéria orgânica (MO) foi obtida por diferença (100-MM). A energia bruta (EB) foi determinada pela combustão das amostras em bomba calorimétrica adiabática (PARR Instruments - modelo 6100).

Os componentes da parede celular, fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA) e lignina foram determinados utilizando-se sacos ANKON F57 e aparelho ANKON 200 (Ankon Technology Corporation). Para análise da FDN utilizou-se alfa-amilase termoestável, sendo então analisadas a PB e cinzas no resíduo para obtenção da fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína (FDNcp), conforme Van Soest (1994). Os carboidratos totais (CHOT) foram calculados pela equação: $CHOT = 100 - (\%PB + \%EE + \%MM)$, e os carboidratos não fibrosos (CNF) pela diferença entre CHOT e FDNcp, proposta por Sniffen et al. (1992).

O ensaio de digestibilidade aparente iniciou-se quando os cordeiros atingiram 27 kg de peso corporal, utilizando-se os mesmos 32 animais, mantidos em gaiolas de ensaio metabólico com comedouro e bebedouro individuais por 12 dias, sendo 7 de adaptação e 5 de coleta. Foram adotados sete dias de adaptação dos cordeiros às gaiolas e cinco dias de colheita total de fezes. Toda a produção fecal foi colhida em bacias plásticas e, diariamente, 10% do total de fezes excretadas foram

amostradas e armazenadas a -18 °C, e ao final do ensaio formou-se uma amostra composta por cordeiro. Ao final do experimento de digestibilidade, os animais retornaram às baias do confinamento.

Nas amostras de fezes foram determinados os teores de MS, MO, PB, EE, FDN, FDA, CHOT e CNF. O coeficiente de digestibilidade dos nutrientes foi calculado pela diferença entre o ingerido e o excretado nas fezes. Os dados foram avaliados num delineamento experimental inteiramente casualizado, com quatro tratamentos e oito repetições, totalizando 32 unidades experimentais. Os resultados foram submetidos à análise de variância e regressão, com os graus de liberdade desdobrados em efeitos linear, quadrático e cúbico, de acordo com os teores de farinha de algas marinhas. Para a análise estatística utilizou-se o Programa Computacional SAS (9.3) e o modelo matemático $y_{ij} = \mu + \tau_i + \varepsilon_{ij}$, em que: y_{ij} = variáveis dependentes; μ = média geral de todas as observações; τ_i = efeito da i -ésima proporção de inclusão de farinha de algas marinhas e ε_{ij} = erro aleatório residual, $N_{IID}(0, \sigma^2)$.

3. Resultados e Discussão

O consumo de nutrientes durante o ensaio de digestibilidade (Tabela 2) foi influenciado ($P < 0,05$) pelas inclusões de farinha de algas marinhas do gênero *Schizochytrium* na dieta dos cordeiros confinados.

Os consumos de MS e MO diminuíram ($P = 0,002$ e $P = 0,002$) linearmente com a inclusão de farinha de algas marinhas na dieta dos cordeiros. A ingestão de MS ficou abaixo do 1,20 kg recomendado para pelo NRC (2007) para ganho médio diário de peso de 300 gramas. É necessário dispender atenção a estes resultados, pois é sabido que o CMS tem relação direta com o desempenho dos animais, podendo ser responsável por até 90% da variação no ganho de peso de ovinos confinados, sendo considerado determinante no aporte de nutrientes necessários para o atendimento das exigências de manutenção e ganho de peso dos animais (SNIFFEN et al., 1993; MERTENS, 1994).

Pesquisas anteriores já haviam evidenciado a diminuição da ingestão de matéria seca em até 45% em vacas holandesas em lactação, quando alimentadas com dietas contendo farinha de algas marinhas e totalizando 43 g/dia de DHA (BOECKAERT et al., 2008). Da mesma forma, Franklin et al. (1999) alimentaram vacas das raças Pardo-suíço e Holandesa com dietas contendo até 3,97% da

mesma estirpe de algas marinhas (*Shizochytrium* sp.) nas formas protegida (xilose) ou desprotegida e observaram decréscimos do consumo de MS na ordem de 18,50 a 22,30%.

Tabela 2. Consumo voluntário diário de nutrientes (kg), energia bruta (Mcal/ kg MS) e água (L) de cordeiros em gaiolas de ensaio metabólico, recebendo dietas com crescentes inclusões de farinha de algas marinhas

Variável	Dieta experimental ¹				EPM	Probabilidade		
	D0	D2	D4	D6		L	Q	C
MS	1,07	1,10	0,91	0,87	0,05	0,002	0,495	0,101
MO	1,04	1,07	0,88	0,85	0,04	0,002	0,556	0,097
PB	0,16	0,18	0,14	0,13	0,01	0,023	0,291	0,056
EE	0,03	0,04	0,05	0,05	0,01	0,018	0,417	0,199
FDN	0,43	0,36	0,33	0,34	0,03	0,023	0,119	0,960
FDA	0,18	0,15	0,12	0,14	0,01	0,044	0,172	0,557
EB	4,26	4,39	3,71	3,57	2,02	0,006	0,502	0,150

¹D0: concentrado sem farinha de algas; D2: concentrado + 2% de farinha de algas; D4: concentrado + 4% de farinha de algas; D6: concentrado + 6% de farinha de algas.

MS- matéria seca; MO- matéria orgânica; PB- proteína bruta; EE- extrato etéreo; FDN- fibra insolúvel em detergente neutro; FDA- fibra insolúvel em detergente ácido; CHOT- carboidratos totais; CNF- carboidratos não fibrosos; EB- energia bruta.

L- linear; Q- quadrático; C- cúbico; EPM- erro padrão da média.

MS= 1,10683 - 0,03950x; MO= 1,07350 - 0,03825x; PB= 0,16925 - 0,00567x; EE= 0,03395 + 0,00218x; EB= 4,39461568 - 0,13717753x; FDN= 0,41217 - 0,01517x.

Sucu et al. (2017), ao avaliarem o consumo de cordeiros da raça Merino alimentados com dietas contendo 5 g/dia de farinha de algas marinhas *Schizochytrium limacinum* durante um período de 49 dias, não observaram diferenças nos consumos de MS (1,26 kg/dia), MO (1,23 kg/dia), PB (245 g/dia) e EE (39 g/dia). Os teores de 5 g/dia e 1,80% da MS de farinha de algas fornecidos nos experimentos são pouco desafiadores, acarretando em não diferenciação no consumo dos animais. Na presente pesquisa os cordeiros consumiram de 22,02 (D2) a 52,44 g/dia (D6) de DHA, superando os teores avaliados em experimentos envolvendo farinhas de algas marinhas como fonte de ácidos graxos n-3.

O consumo das frações PB, FDN, FDA e a EB também diminuíram linearmente ($P < 0,05$) com as crescentes inclusões de farinha de algas na dieta. A diminuição no consumo dos diferentes nutrientes é resultante dos decréscimos de 18,24% e 18,47% nos consumos de MS e MO, respectivamente.

O consumo de PB ficou acima dos 110 g/dia recomendados para cordeiros em crescimento, com peso corporal acima de 30 kg e ganho médio de 300 g/dia (NRC, 2007). Apesar da diminuição no consumo de PB, a ingestão também ficou acima dos 15% da MS, descartando a possibilidade de efeitos na redução da digestão das fibras e restrição da ingestão voluntária, reportados em dietas contendo valores de PB inferiores a 7% (MEHREZ e ORSOV, 1977).

O consumo de EE foi influenciado ($P=0,018$) pelas inclusões de farinha de algas marinhas na dieta, com aumento linear, passando de 33 para 48 g de EE por dia, um incremento de 45,45%. Esse aumento está relacionado à elevação de 80,77% no EE das dietas, passando de 3,38 (D0) para 6,11% na dieta contendo 6% do ingrediente alternativo (D6), consequência da substituição do milho, fonte energética com base em carboidratos, pela farinha de algas marinhas, composta em 500 g EE/kg. Com as inclusões em até 6% de algas marinhas, são retirados 18,31% do milho, acarretando na substituição de carboidratos por lipídios como fonte de energia para os animais.

Essa elevação no consumo de EE pode ser um dos argumentos mais plausíveis para justificar a depressão no consumo de MS, em especial pelo fato de as fontes de ácidos graxos das dietas serem compostas, em grande parte, por ácidos graxos da família n3, com potencial tóxico para a microbiota ruminal, potencializando o decréscimo no consumo (KITESSA et al., 2001; WACHIRA et al., 2002). A suplementação com lipídios acima de 5% da matéria seca, fato ocorrido na presente pesquisa, reduz o consumo, seja por mecanismos regulatórios que controlam a ingestão de alimentos, seja pela capacidade limitada dos ruminantes de oxidar ácidos graxos (PALMQUIST e MATTOS, 2006).

A diminuição no CMS também pode estar relacionada a não aceitação da farinha de algas pelos cordeiros, em especial por serem extremamente habilidosos na seleção de alimentos, quando adicionada em quantidades elevadas (BURNETT et al., 2016). Esse mecanismo limitador de consumo, conhecido como psicogênico, está associado aos aspectos relativos ao odor e à palatabilidade do alimento (MERTENS, 1994). Essa alteração no comportamento ingestivo não foi observada em dietas contendo até 3% de farinhas de algas do mesmo gênero fornecidas para cabras Saanen (BRITO et al., 2014).

Os coeficientes de digestibilidade aparente dos nutrientes foram influenciados ($P<0,05$) pelas crescentes inclusões de farinha de algas marinhas na dieta dos

cordeiros (Tabela 3). Os efeitos observados pelas inclusões de farinhas de algas tiveram comportamentos semelhantes aos reportados para o consumo de nutrientes, com efeitos ($P < 0,05$) lineares negativos para as variáveis MS, MO, FDN, FDA, CHOT, CNF e EB.

A diminuição na digestibilidade das frações compostas por carboidrato e consequentemente da MS pode estar associada aos incrementos no teor de lipídios da dieta, resultante da substituição do milho, fonte de carboidratos, por farinha de algas marinhas, compostas por 50% de lipídios. A fermentação ruminal dos carboidratos estruturais é reduzida pela adição de lipídios às dietas e o grau de redução depende das fontes de lipídios.

Essa redução pode estar relacionada a um efeito físico, de recobrimento das partículas de alimento pela gordura, dificultando a adesão das bactérias celulolíticas (KOZLOSKI, 2009). Adicionalmente, pode ter ocorrido efeito químico, uma vez que a farinha de algas marinhas é composta, em boa parte, por ácidos graxos poli-insaturados, em especial os da família n-3, que são altamente tóxicos aos microrganismos ruminais. Os mais susceptíveis são as bactérias Gram positivas, metanogênicas e protozoários, e a toxicidade está relacionada à natureza anfifílica dos ácidos graxos, isto é, aqueles que são solúveis, tanto em solventes orgânicos como em água, com potencial para romper a estrutura das membranas celulares (DEVENDRA e LEWIS, 1974; NAGAJARA et al., 1997).

A fração proteica apresentou efeito ($P = 0,009$) quadrático. Sarker et al. (2016) foram pioneiros na avaliação da digestibilidade de algas marinhas (*Shizochytrium* sp.) e de água doce (*Spirulla* sp. e *Chlorella* sp). Ao avaliarem a digestibilidade (86,1%) da fração proteica das algas marinhas em tilápias do Nilo, observaram valores superiores aos normalmente encontrados em usuais fontes de proteína para a nutrição animal, como o farelo de soja (85,0%). Os autores destacaram ainda a superioridade dos valores de digestibilidade da proteína, quando comparada com a do milho em grão (72,9%). O efeito quadrático na digestibilidade da fração proteica das dietas pode estar associado à melhora na digestibilidade das proteínas advindas da farinha de algas marinhas inserida como substituto parcial ao milho em até 2% da MS. Inclusões a partir de 4% (D4 e D6) do alimento alternativo resultam em valores superiores ao tratamento sem a farinha de algas (D0), entretanto, o efeito negativo do incremento de lipídios fica evidente.

Tabela 3. Digestibilidade aparente (%) dos nutrientes, altura e largura da base da papila ruminal (μm) e peso do fígado (g) de cordeiros confinados, recebendo dietas com crescentes inclusões de farinha de algas marinhas

Variável	Dieta experimental ¹				EPM	Probabilidade		
	D0	D2	D4	D6		L	Q	C
MS	75,73	74,54	72,33	70,19	0,42	0,001	0,277	0,577
MO	75,04	76,57	73,28	72,81	0,92	0,026	0,295	0,082
PB	62,18	71,16	68,44	67,84	1,65	0,068	0,009	0,077
EE	84,61	88,69	93,92	94,11	1,13	0,001	0,102	0,238
FDN	56,26	53,17	48,97	45,77	1,34	0,001	0,970	0,728
FDA	46,68	44,33	41,88	41,62	1,10	0,001	0,356	0,645
CHOT	79,27	75,81	72,79	72,06	0,88	0,001	0,137	0,645
CNF	94,14	92,30	90,09	89,44	1,02	0,002	0,569	0,674
EB	68,63	73,70	74,92	75,70	1,05	0,001	0,056	0,476
AP	1810,91	1578,46	1237,41	1046,05	127,69	0,001	0,864	0,648
LBP	604,46	561,51	548,88	464,97	39,67	0,017	0,607	0,568
Fígado	530	600	590	620	0,03	0,049	0,442	0,395

¹D0: concentrado sem farinha de algas; D2: concentrado + 2% de farinha de algas; D4: concentrado + 4% de farinha de algas; D6: concentrado + 6% de farinha de algas.

MS- matéria seca; MO- matéria orgânica; PB- proteína bruta; EE- extrato etéreo; FDN- fibra insolúvel em detergente neutro; FDA- fibra insolúvel em detergente ácido; CHOT- carboidratos totais; CNF- carboidratos não fibrosos; EB- energia bruta; AP - altura da papila; LBP- largura da base da papila.

L- linear; Q- quadrático; C- cúbico; EPM- erro padrão da média.

MS= $76,02633 - 0,94267x$; MO= $75,92267 - 0,49867x$; PB= $62,86883 + 4,30650x - 0,59875x^2$; EE= $85,26867 + 1,68725x$; FDN= $56,39600 - 1,78492x$; FDA= $46,27267 - 0,88242x$; CHOT= $78,67983 - 1,23300x$; CNF= $93,93933 - 0,81617x$; AP= $2189,58798 - 112,24122x$; LBP= $631,47995 - 5,52198x$; Fígado= $0,54517 + 0,01342x$.

A digestibilidade das frações EE e EB apresentaram efeito ($P=0,001$) linear positivo. Os incrementos na digestibilidade da fração lipídica e da energia podem estar associados a maior disponibilidade e exposição dos lipídios constituintes das algas marinhas. Em grãos de cereais, como o milho, a maioria dos lipídios encontra-se no germe e, portanto, há necessidade de degradação da parede celular para ocorrência da hidrólise. Em relação à absorção da fração lipídica, os ácidos graxos poli-insaturados são mais facilmente absorvíveis por possuírem maior solubilidade relativa nas micelas lipídicas e propensões para atravessar a camada de água inerte (PALMQUIST e MATTOS, 2006).

Essa elevada digestibilidade se dá possivelmente pelo alto teor de fosfolipídios polares n-3, mais facilmente digeridos que os triglicerídeos n-3 (SARKER et al., 2016). Normalmente, o coeficiente de absorção intestinal de ácidos

graxos apresenta valores de 80% para ácidos graxos saturados e de 90 a 92% para os insaturados, considerando dietas convencionais com teor lipídico na faixa de 2 a 3% da MS (PALMQUIST e MATTOS, 2006).

As inclusões de farinha de algas marinhas nas dietas dos cordeiros acarretaram em efeito linear ($P=0,001$ e $P=0,017$) negativo nas variáveis altura e largura das papilas ruminais. Os cordeiros alimentados com a dieta controle (D0) ingeriram maior quantidade de carboidratos totais e não-fibrosos (Tabela 2). Como citado anteriormente, com as inclusões em até 6% de algas marinhas, são retirados até 18,31% do milho, acarretando na substituição de carboidratos por lipídios como fonte de energia para os animais. Entretanto, é a fermentação ruminal de carboidratos não-fibrosos que resulta na produção de ácidos graxos de cadeia curta e estimula o crescimento papilar (SAKATA e TAMATE, 1979). Os resultados evidenciam que o tipo de dieta tem papel fundamental no desenvolvimento das papilas ruminais, sendo fator de extrema importância nutricional, uma vez que está diretamente relacionado à superfície absorviva do rúmen (VAN SOEST, 1994).

Houve efeito linear positivo ($P=0,049$) para o peso do fígado, com um incremento de 19,35% no peso do órgão. Meale et al. (2014), ao avaliarem dietas contendo 3% de farinhas de algas marinhas do gênero *Schizochytrium* para cordeiros Arcott, reportaram efeito similar, com incremento de 46,37% (0,690 para 1,010 kg) no peso do fígado dos animais. O fígado é o órgão central do metabolismo lipídico, sendo responsável pela primeira fase da digestão no intestino delgado, desdobrando os lipídios em partículas menores, de forma que as enzimas digestivas solúveis em água possam agir efetivamente sobre as superfícies dos glóbulos ou micelas (FONSECA-ALANIZ et al., 2006). A elevação em 80,77% no EE das dietas, em resposta a substituição do milho por farinha de algas contendo 50% de EE, pode ter acarretado em aceleração do metabolismo hepático e aumento no peso do órgão.

Os dados de desempenho (Tabela 4) evidenciaram que o efeito das inclusões de farinha de algas marinhas nas dietas sobre o desempenho dos cordeiros segue comportamento coerente com os resultados apresentados para o consumo e a digestibilidade aparente dos nutrientes.

Tabela 4. Desempenho de cordeiros confinados, recebendo dietas com crescentes inclusões de farinha de algas marinhas

Variável	Dieta experimental ¹				EPM	Probabilidade		
	D0	D2	D4	D6		L	Q	C
DC	54	53	66	70	1,62	0,001	0,526	0,128
IMS (kg/dia)	0,992	0,970	0,871	0,877	0,027	0,001	0,629	0,155
IMS (%PC)	3,61	3,52	3,17	3,19	0,099	0,001	0,620	0,183
GMDP (kg/dia)	0,265	0,274	0,222	0,206	0,01	0,001	0,380	0,132
CA (CMS/GMDP)	3,75	3,54	3,94	4,25	0,29	0,065	0,233	0,757

¹D0: concentrado sem farinha de algas; D2: concentrado + 2% de farinha de algas; D4: concentrado + 4% de farinha de algas; D6: concentrado + 6% de farinha de algas.

DC- dias de confinamento; IMS- ingestão de matéria seca; PC- peso corporal; GMDP- ganho médio diário de peso; CA- conversão alimentar.

L- linear; Q- quadrático; C- cúbico; EPM- erro padrão da média.

DC= $51,58 + 3,066x$; GMDP= $0,276 - 0,011x$; IMS (kg/dia)= $0,994 - 0,02217x$; IMS (%PC)= $3,614 - 0,0805x$.

O tempo que os animais permaneceram confinados (DC) para atingir o peso corporal de abate foi afetado ($P=0,001$) negativamente pelas inclusões de farinha de algas marinhas nas dietas. A diferença foi de até 17 dias no período de confinamento dos animais alimentados com dieta contendo a inclusão máxima de farinha de algas marinhas. Esta permanência dos animais nas instalações por períodos mais longos pode acarretar em diminuição na lucratividade, uma vez que os custos fixos operacionais do sistema de produção se mantêm. Importante salientar que no Brasil, de maneira geral, os sistemas de produção de ovinos são de pequena escala, dificultando a diluição dos custos de produção do empreendimento. Portanto, o interessante é encurtar o período de terminação dos animais, considerando que esta variável tem papel de destaque na tomada de decisão de continuar produzindo ou interromper a produção.

O ganho médio diário de peso (GMDP) teve efeito linear negativo ($P=0,001$). A formulação das dietas seguiu recomendações do NRC (2007), com o intuito de possibilitar GMDP dos cordeiros de 300 gramas. Entretanto, para atingir esse objetivo os animais precisariam ter ingerido 1,20 kg de MS, o que não ocorreu, ficando o CMS em até 27,16% abaixo do esperado e consequentemente o GMDP em até 31,33% (D6).

Hopkins et al. (2014) não observaram diferenças no GMDP de cordeiros *tricross* (Poll Dorset x Border Leicester x Merino) suplementados com 1,92% de farinha de algas marinhas ricas em DHA. Apesar de não encontrarem diferença, os autores reportaram uma maior seleção no alimento por parte dos animais que

receberam dieta contendo o suplemento. Sucu et al. (2017) alimentaram cordeiros da raça Merino com dietas contendo até 5 g/dia de farinha de algas marinhas *Schizochytrium limacinum* durante um período de 49 dias e reportaram GMDP 29,30% superior para os animais que receberam o alimento alternativo. Novamente, os teores de algas marinhas nas dietas experimentais de ambas as pesquisas são pouco desafiadores, não acarretando em prejuízo ao desempenho dos animais. No experimento de Sucu et al. (2017) os autores atribuíram a melhoria no desempenho dos animais aos afeitos das algas na microbiota ruminal e na composição dos ácidos graxos de cadeia curta (AGCC), favorecendo a formação de propionato e isovalerato. Reportaram ainda, que a dieta contendo algas aumentou a concentração de glicose sanguínea, favorecendo o metabolismo energético dos animais.

A conversão alimentar (CA) não foi afetada ($P>0,05$) pelas inclusões de farinha de algas marinhas nas dietas dos cordeiros. A avaliação da conversão alimentar tem sido uma importante ferramenta em sistemas de produção animal, pois não basta apenas a seleção de animais com elevada capacidade de ganho peso, é preciso que esses animais sejam eficientes, no sentido de apresentarem, em comparação aos seus pares, adequado consumo e desempenho compatível. Apesar de as dietas afetarem a IMS e o GMDP, as duas variáveis apresentaram comportamentos semelhantes, não acarretando em alterações na CA. Um dos grandes apelos para a inclusão de fontes lipídicas na alimentação de ruminantes é a melhoria na eficiência da conversão de alimentos, sendo necessário menor consumo de matéria seca para cada quilo de ganho. Entretanto, o incremento de 45,45% (15 g/dia) no consumo de extrato etéreo não foi suficiente para suprir o déficit nutricional resultante do decréscimo de 18,24% (195 g/dia) na ingestão de matéria seca.

Meale et al. (2014), ao avaliarem dietas contendo até 3% de farinha de algas marinhas do gênero *Schizochytrium*, não observaram diferenças na ingestão diária de MS (0,993 a 1,117 kg), no GMPD (0,184 a 0,206 kg) e na eficiência alimentar (0,17 a 0,19) de cordeiros da raça Arcott.

4. Conclusão

A farinha de algas marinhas não se mostrou uma alternativa interessante, uma vez que prejudica o consumo e a digestibilidade de nutrientes, diminuindo o ganho de peso e aumentando os dias de confinamento dos cordeiros.

5. Referências

ARRIGONI, M. B.; MARTINS, C. L.; SARTI, L. M. N.; BARDUCCI, R. S.; FRANZÓI, M. C. S.; VIEIRA JÚNIOR, L. C.; PERDIGÃO, A.; RIBEIRO, F. A.; FACTORI, M. A. Níveis elevados de concentrado na dieta de bovinos em confinamento. **Veterinária e Zootecnia**, v. 20, p.539-551, 2013.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS - AOAC. **Official methods of analysis**, 16.ed. Washington: DC, 1995. 1011p.

BICHI, E.; HERVÁS, G.; TORAL, P. G.; LOOR, J. J.; FRUTOS, P. Milk fat depression induced by dietary marine algae in dairy ewes: persistency of milk fatty acid composition and animal performance responses. **Journal of Dairy Science**, v. 96, p. 524-532, 2013.

BRITO, F. L.; MACEDO JUNIOR, G. L.; CHERUBIM, J. V.; SCHULTZ, E. B.; CROZARA, A. S.; FERNANDES, J. K. Comportamento ingestivo de cabras submetidas à suplementação lipídica. In: I SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RUMINANTES LEITEIROS, 2014, Uberlândia. **Anais...** I Simpósio Brasileiro de Ruminantes Leiteiros, 2014.

BOECKAERT, C.; VLAEMINCK, B.; DIJKSTRA, J.; ISSA-ZACHARIA, A.; VAN NESPEN, T.; VAN STRAALLEN, W.; FIEVEZ, V. Effect of dietary starch or micro algae supplementation on rumen fermentation and milk fatty acid composition of dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v. 91, p. 4714-4727, 2008.

BURNETT, V. F.; JACOBS, J. L.; NORNG, S.; PONNAMPALAM, E. N. Feed intake, liveweight gain and carcass traits of lambs offered pelleted annual pasture hay supplemented with flaxseed (*Linum usitatissimum*) flakes or algae (*Schizochytrium* sp.). **Animal Production Science**, v. 57, p. 877-883, 2016.

DEVENDRA, C.; LEWIS, D. Fat in the ruminant diet: a review. **Journal of Animal Science**, v. 44, p. 917-938, 1974.

FAOSTAT. Food and Agriculture Organization of the United Nations. **Production**. Roma, 2016. Disponível em: <http://faostat3.fao.org/browse/Q/*/E>. Acesso em: 18 abr. 2017.

FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. **Food and Agriculture: Key to Achieving the 2030 Agenda for Sustainable Development**. Roma, 2016. Disponível em: <http://www.fao.org/documents/card/en/c/d569c955-8237-42bf-813e5adf0c4241b9/?utm_source=faohomepage&utm_medium=web&utm_campaign=featurebar>. Acesso em 18 abr. 2017.

FONSECA-ALANIZ, M. H.; TAKADA, J.; ALONSO-VALE, M. I.; LIMA, F. B. O tecido adiposo como centro regulador do metabolismo. **Arquivo Brasileiro de Endocrinologia e Metabolismo**, v. 50, p. 216-229, 2006.

FRANKLIN, S. T.; MARTIN, K. R.; BAER, R. J.; SCHINGOETHE, D. J.; HIPPEN, A. R. Dietary marine algae (*Schizochytrium* sp.) increases concentrations of conjugated linoleic, docosahexaenoic and transvaccenic acids in milk of dairy cows. **Journal of Nutrition**, v. 129, p. 2048-2052, 1999.

HOPKINS, D. L.; CLAYTON, E. H.; LAMB, T. A.; VAN DE VEN, R. J.; REFSHAUGE, G.; KERR, M. J.; BAILES, K.; LEWANDOWSKI, P.; PONNAMPALAM, E. N. The impact of supplementing lambs with algae on growth, meat traits and oxidative status. **Meat Science**, v. 98, p. 135-141, 2014.

KITESSA, S. M.; GULATI, S. K.; ASHES, J. R.; FLECK, E.; SCOTT, T. W.; NICHOLS, P. D. Utilization of fish oil in ruminants. I. Fish oil metabolism in sheep. **Animal Feed Science Technology**, v. 89, p. 189-199, 2001.

KOZLOSKI, G. V. **Bioquímica dos ruminantes**. 2 ed. Santa Maria: Editora UFSM, 2009. 216 p.

LILLIE, R. D.; FULLMER, H. M. **Histopathological technique and practical Histochemistry**. 4. ed. New York: McGraw Hill, 1968. 942 p.

MEALE, S. J.; CHAVES, A. V.; HE, M. L.; MCALLISTER, T. A. Dose-response of supplementing marine algae (*Schizochytrium* sp.) on production performance, fatty acid profiles, and wool parameters of growing lambs. **Journal of Animal Science**, v. 92, p. 2202-2213, 2014.

MEHREZ, A. Z.; ORSKOV, E. R. A study of the artificial fiber bag technique for determining the digestibility of feeds in the rumen. **Journal of Agricultural Science**, v. 88, p. 645-650, 1977.

MERTENS, D. R. Regulation of forage intake. In: FAHEY JR., G.C. (Ed.) **Forage quality, evaluation and utilization**. Madison: American Society of Agronomy, 1994, p.450-493.

NAGARAJA, T. G.; NEWBOLD, C. J.; VAN NEVEL, C. J.; DEMEYER, D. I. Manipulation of ruminal fermentation. In: HOBSON, P. N.; STEWART, C. S. (Eds). **The Rumen Microbial Ecosystem**. London: Blackie Academic and professional, 1997, p. 523-632.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Nutrient requirements of sheep**. 6 ed. Washington: The National Academic Press, 1985, 99 p.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Nutrient requirements of small ruminants: sheep, goats, cervids and new camelids**. 1 ed. Washington: The National Academic Press, 2007, 362 p.

OLIVEIRA JÚNIOR, R. C.; PIRES, A. V.; FERNANDES, J. J. R.; SUSIN, I.; SANTOS, F. A. P.; NASCIMENTO FILHO, V. F.; DE ARAÚJO, R. C. Avaliação de indicadores para estimar a digestibilidade dos nutrientes em novilhos Nelore alimentados com dietas contendo alto teor de concentrado e fontes nitrogenadas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 33, p. 749-758, 2004.

PALMQUIST, D. L. ; MATTOS, W. R. S. Metabolismo de lipídeos. In : BERCHIELI, T. T. ; PIRES, A. V. ; OLIVEIRA, S. G. (Ed.). **Nutrição de ruminantes**. Jaboticabal : Funep, 2006. p. 287-310.

RAHMAN, M. H. Exploring sustainability to feed the world in 2050. **Journal of Food Microbiology**, v. 1, p. 7-16, 2016.

SAKATA, T.; TAMATE, H. Rumen epithelial cell proliferation accelerated by rapid increase in intraruminal propionate and acetate. **Journal of Dairy Science**, v. 62, p. 49-52, 1979.

SARKER, P. K.; GAMBLE, M. M.; KELSON, S.; KAPUSCINSKI, A. R. Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) show high digestibility of lipid and fatty acids from marine *Schizochytrium* sp. and of protein and essential amino acids from freshwater *Spirulina* sp. feed ingredients. **Aquaculture Nutrition**, v. 22, p. 109-119, 2016.

SNIFFEN, C.; BEVERLY, R. W.; MOONEY, C. S.; ROE, M. B.; SKIDMORE, A. L. Nutrient requirement versus supply in dairy cow: strategies to account for variability. **Journal of Dairy Science**, v. 76, p. 3160-3178, 1993.

SNIFFEN, C. J.; O'CONNOR, J. D.; VAN SOEST, P. J.; FOX, D. G.; RUSSEL, J. B. A net carbohydrate and protein system for evaluation cattle diets: II. Carbohydrate and protein availability. **Journal of Animal Science**, v. 70, p. 3562-3577, 1992.

SOUZA, W. H.; CARTAXO, F. Q.; COSTA, R. G.; CEZAR, M. F.; CUNHA, M. G.G.; PEREIRA FILHO, J. M. Biological and economic performances of feedlot lambs feeding on diets with different energy densities. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 41, p. 1285-1291, 2012.

SUCU, E.; UDUM, D.; GUNES, N.; CANBOLAT, O.; FILYA, I. Influence of supplementing diet with microalgae (*Schizochytrium limacinum*) on growth and metabolism in lambs during the summer. **Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences**, v. 41, p. 167-174, 2017.

VAN SOEST, P. J. **Nutritional ecology of the ruminant**. New York: Cornell University Press, 1994. 476 p.

WACHIRA, A. M.; SINCLAIR, L. A.; WILKINSON, R. G.; ENSER, M.; WOOD, J. D.; FISHER, A. V. Effects of dietary fat source and breed on the carcass composition, n-3 polyunsaturated fatty acid and conjugated linoleic acid content of sheep meat and adipose tissue. **British Journal of Nutrition**, v. 88, p. 697-709, 2002.

WULLEPIT, N.; HOSTENS, M.; GINNEBERGE, C.; FIEVEZ, V.; OPSOMER, G.; FREMAUT, D.; DE SMET, S. Influence of a marine algae supplementation on the oxidative status of plasma in dairy cows during the per parturient period. **Preventive Veterinary Medicine**, v. 103, p. 298-303, 2012.

ZANETTE, P. M.; NEUMANN, M. Confinamento como ferramenta para incremento na produção e na qualidade da carne de ovinos. **Ambiência**, v. 8, p. 415-426, 2012.

CAPÍTULO 3 - FARINHA DE ALGAS MARINHAS (*Schizochytrium* sp.) NA ALIMENTAÇÃO DE CORDEIROS CONFINADOS: CARACTERÍSTICAS QUANTITATIVAS DA CARCAÇA E QUALITATIVAS DA CARNE

RESUMO - Objetivou-se avaliar os rendimentos da carcaça e dos cortes comerciais e as características físico-químicas e sensoriais da carne de cordeiros Ile de France terminados em confinamento, recebendo dietas com crescentes inclusões de farinha de algas marinhas. Foram utilizados 32 cordeiros não castrados com aproximadamente 60 dias de idade e $20,0 \pm 0,2$ kg de peso corporal, alojados em baias individuais e abatidos aos $35,0 \pm 0,2$ kg. Os tratamentos foram compostos por quatro dietas: D0- silagem de milho + concentrado sem farinha de algas; D2- silagem de milho + concentrado + 2% de farinha de algas; D4- silagem de milho + concentrado + 4% de farinha de algas e D6- silagem de milho + concentrado + 6% de farinha de algas. A relação volumoso:concentrado foi 40:60, compondo dietas com semelhantes teores proteicos (15%) e energéticos (3,3 Mcal de energia digestível/kg de MS). Os dados foram avaliados num delineamento experimental inteiramente casualizado, com quatro tratamentos e oito repetições. Os resultados foram submetidos à análise de variância e regressão, com os graus de liberdade desdobrados em efeitos linear, quadrático e cúbico. As inclusões de farinha de algas marinhas na dieta dos cordeiros não influenciaram ($P>0,05$) os rendimentos da carcaça e dos cortes comerciais, as perdas por resfriamento e as medidas do músculo *longissimus*. A medida GR (grade rule) aumentou ($P=0,018$; 8,29 para 10,53 mm) linearmente. Não foram observadas diferenças ($P>0,05$) para as características físico-químicas pH, cor, perdas de peso por descongelamento e cocção, capacidade de retenção de água e força de cisalhamento da carne. Na análise sensorial houve efeito linear decrescente para os atributos odor ($P=0,014$; 7,50 para 6,80), sabor ($P=0,022$; 7,54 para 6,92) e na intenção de compra ($P=0,007$; 7,50 para 6,80) dos consumidores. A farinha de algas marinhas se mostrou uma alternativa interessante, uma vez que não prejudica as características quantitativas da carcaça e qualitativas da carne de cordeiros terminados em confinamento.

Palavras-chave: alimento alternativo, cortes cárneos, n-3, ovinos

1. Introdução

Há uma tendência de maior consumo de produtos cárneos de qualidade com a melhoria das condições econômica e social da população (GRIFFITH et al., 2017). No Brasil, a produção de carne ovina tem grande potencial de crescimento, com mercados ainda não atendidos, principalmente nos grandes centros urbanos, cujos consumidores anseiam por carne de qualidade, proveniente de animais jovens e bem terminados. A produção qualitativa de carne ovina, visando atender certos nichos de mercado é economicamente viável, porém, ainda há um longo caminho a ser percorrido no Brasil para que carcaças ovinas padronizadas e com carne de qualidade cheguem à mesa do consumidor.

Com o objetivo de sanar tais deficiências, os setores envolvidos na cadeia produtiva tentam imprimir qualidade aos produtos, partindo de raças especializadas em produção de carne e intensificação dos sistemas produtivos, com abate de cordeiros, categoria geradora de carne com melhores características qualitativas (BORGHI et al., 2016).

Neste sentido, é crescente a busca por fontes alimentares alternativas que resultem em produtos cárneos com propriedades nutricionais benéficas à saúde humana, por meio da substituição de alimentos concentrados na dieta, e permitam a destinação de alimentos nobres, como o milho, para a nutrição humana.

A farinha de algas marinhas do gênero *Schizochytrium*, composta por aproximadamente 19% de proteína bruta e 50% de lipídios, sendo 27,20% de ácido docosahexaenoico (DHA) e 0,28% de eicosapentaenoico (EPA), surge como fonte de proteína e energia para animais de produção. As pesquisas com *Schizochytrium* concentram-se na qualidade e enriquecimento nutricional de ovos (MELUZZI et al., 2001), carne de aves e suínos (MOONEY et al., 1998; SIRRI et al., 2003; SARDI et al., 2006) e leite de ovelhas e vacas (FRANKLIN et al., 1999; BICHI et al., 2013). Entretanto, poucos estudos se atentaram aos efeitos da suplementação dietética com estas algas, quando incluídas em diferentes níveis, sobre as características quantitativas da carcaça e qualitativas da carne de ovinos (MEALE et al., 2014).

Diante do exposto, objetivou-se avaliar o efeito de crescentes inclusões de farinha de algas marinhas do gênero *Schizochytrium* na dieta de cordeiros Ile de France terminados em confinamento, sobre os rendimentos da carcaça e dos cortes comerciais e as características físico-químicas e sensoriais da carne.

2. Material e métodos

O experimento seguiu os princípios éticos da experimentação animal adotados pelo Conselho Nacional de Controle da Experimentação Animal (CONCEA) e foi aprovado pela Comissão de Ética no Uso de Animais (CEUA) da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, FCAV - Unesp, sob protocolo nº 12883/15.

O experimento foi desenvolvido na Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, FCAV - Unesp, Câmpus de Jaboticabal, SP, localizada a 21°15'22" de latitude Sul e 48°18'58" de longitude Oeste, com altitude de 595 m. A fase de campo (confinamento) e o abate dos cordeiros foram realizados nas dependências do Laboratório de Produção Ovina, assim como as avaliações de rendimentos de carcaça e cortes comerciais, pH, cor, capacidade de retenção de água, perdas de peso por descongelamento e cocção e força de cisalhamento; e a análise sensorial no Laboratório de Tecnologia dos Produtos de Origem Animal, pertencentes aos Departamentos de Zootecnia e Tecnologia, respectivamente, desta mesma unidade universitária.

Foram utilizados 32 cordeiros Ile de France não castrados, recém-desmamados, com aproximadamente 60 dias de idade e $20,0 \pm 0,2$ kg de peso corporal (PC). Os animais foram alojados em baias individuais (galpão coberto), com aproximadamente 1,0 m², piso ripado e suspenso e equipadas com comedouro e bebedouro. No início do experimento os cordeiros foram identificados, desverminados (Zolvix - 0,1 mL/kg), suplementados com vitaminas A, D e E (Calbos - 3 mL), vacinados contra clostridioses (Sintoxan T - 3 mL) e distribuídos aleatoriamente nos tratamentos, que foram os seguintes: D0: silagem de milho + concentrado sem farinha de algas, D2: silagem de milho + concentrado + 2% de farinha de algas, D4: silagem de milho + concentrado + 4% de farinha de algas e D6: silagem de milho + concentrado + 6% de farinha de algas, com base na matéria seca das dietas.

O concentrado foi composto por milho em grão moído, farelo de soja, fosfato bicálcico, calcário calcítico, suplementos mineral e vitamínico, e ureia (Tabela 1). A farinha de algas marinhas do gênero *Schizochytrium*, composta por 50% de extrato etéreo (140 g/ kg de ácido docosaheptaenoico (DHA)), 19,22% de proteína bruta, 27,11% de carboidratos e 3,67% de minerais, foi misturada aos demais ingredientes do concentrado no momento de elaboração das dietas e ao volumoso durante o fornecimento.

A relação volumoso:concentrado foi 40:60, compondo dietas com semelhantes teores proteicos (15%) e energéticos (3,3 Mcal de energia digestível/kg de MS). As dietas experimentais foram calculadas para atender às exigências preconizadas pelo NRC (2007) para cordeiros desmamados, com ganho médio de peso de 300 g/dia.

Tabela 1 - Composição percentual dos ingredientes e químico-bromatológica das dietas experimentais

Composição	Dieta experimental ¹			
	D0	D2	D4	D6
Ingredientes (% MS)				
Silagem de milho	39,41	40,48	41,61	42,68
Milho em grão moído	46,03	43,21	40,40	37,60
Farelo de soja	11,38	11,11	10,84	10,57
Fosfato bicálcico	0,50	0,50	0,50	0,50
Calcário calcítico	0,68	0,70	0,65	0,65
Suplementos mineral e vitamínico ²	1,00	1,00	1,00	1,00
Ureia	1,00	1,00	1,00	1,00
Farinha de algas	0,00	2,00	4,00	6,00
Bromatológica				
Matéria seca (MS) ³	50,05	49,46	48,96	49,94
Proteína bruta (PB) ⁴	15,02	15,42	15,26	15,10
Extrato etéreo (EE) ⁴	3,38	4,29	5,20	6,11
Matéria mineral (MM) ⁴	3,00	3,44	3,42	3,43
Fibra em detergente neutro (FDN) ⁴	24,59	24,48	23,67	23,03
Fibra em detergente ácido (FDA) ⁴	17,07	16,38	16,12	16,02
Energia metabolizável (Mcal/kg MS)	2,67	2,68	2,74	2,74

¹D0: concentrado sem farinha de algas; D2: concentrado + 2% de farinha de algas; D4: concentrado + 4% de farinha de algas; D6: concentrado + 6% de farinha de algas. ²Níveis de garantia por kg do produto: cálcio 120 g, cloro 90 g, sódio 62 g, magnésio 54 g, fósforo 50 g, enxofre 34 g, zinco 1600 mg, manganês 1500 mg, ferro 1064 mg, flúor (máx) 730 mg, cobre 50 mg, iodo 25 mg, selênio 20 mg, cobalto 10 mg e vitamina A 100.000 UI, vitamina D3 40.000 UI e vitamina E 600 UI; ³ %; ⁴ % da MS.

As dietas foram oferecidas diariamente as 7 e 17 horas, de forma a permitir 10% de sobras (matéria natural), sendo os pesos do alimento oferecido e das sobras registrados para estimativa do consumo. Os cordeiros foram avaliados quanto à verminose (método Famacha®) e pesados quinzenalmente (sem jejum) para acompanhamento e avaliação do desempenho e, ao atingirem 35,0 ± 0,2 kg de peso

corporal (PCA), foram mantidos em jejum de dieta sólida por 16 horas e abatidos. O confinamento teve duração de 91 dias, sendo 14 dias de adaptação e 77 de coleta de dados.

O abate foi realizado após insensibilização por pistola de concussão (Ctrade - modelo TEC 10 PC), seccionando as veias jugulares e artérias carótidas para a sangria, com posterior evisceração, retirada da cabeça e extremidade dos membros, respeitando os procedimentos que caracterizam o abate humanitário (MAPA, 2000).

As carcaças permaneceram em câmara frigorífica a 6 °C por 24 horas, penduradas pelos tendões do *gastrocnemius*, em ganchos apropriados, distanciadas as extremidades em 17 cm. Após o período de refrigeração, foi obtido o peso de carcaça fria (PCF) para posteriores cálculos de rendimento de carcaça fria ($RCF = PCF / PCA * 100$) e perda de peso por resfriamento ($PR = (PCQ - PCF / PCQ) * 100$).

Posteriormente as carcaças foram seccionadas em duas meias carcaças, sendo a metade esquerda fracionada em cinco regiões anatômicas: pescoço, paleta, costelas, lombo e perna (SILVA SOBRINHO et al., 2008). No músculo *longissimus* da meia carcaça esquerda, na altura da 13ª costela foram mensuradas, com auxílio de paquímetro digital e fita métrica, a largura máxima (medida A), profundidade máxima (medida B), espessura mínima de gordura sobre o músculo (medida C) e espessura máxima de gordura sobre a superfície da 13ª costela, a 11 cm da linha média (medida GR), conforme Silva Sobrinho et al. (2003), sendo a área de olho de lombo (AOL) calculada utilizando-se a fórmula: $(A/2 \times B/2)\pi$.

O pH foi medido no músculo *longissimus*, em triplicata, com peagômetro digital Testo 205, acoplado a um eletrodo de penetração. As determinações da luminosidade (L^*), teor de vermelho (a^*) e de amarelo (b^*) foram realizadas após as amostras serem expostas por 30 minutos à mistura dos gases atmosféricos (CAÑEQUE e SAÑUDO, 2000). Nas superfícies das amostras, as variáveis foram determinadas de acordo com o Sistema CIE/CIELAB, usando o colorímetro Minolta CR-400 (Konica Minolta), iluminante D65, 10° para observação padrão, calibrado para um padrão branco.

Para as análises qualitativas, amostras do músculo *longissimus* (bifes de 2,54 cm) foram individualmente identificadas, embaladas a vácuo e congeladas a -18 °C para posteriores análises da capacidade de retenção de água, perdas de pesos por descongelamento e cocção, força de cisalhamento e análise sensorial.

Para realização das análises qualitativas, os bifes foram descongelados a 10 °C em incubadora B.O.D. por 12 horas, com exceção das amostras destinadas à determinação das perdas por descongelamento, que foram pesadas e permaneceram em incubadora B.O.D. a 5 °C durante 16 horas, sendo pesadas após este período, conforme metodologia descrita por Koohmaraie et al. (1998).

Na determinação da capacidade de retenção de água (CRA) foi utilizada a metodologia descrita por Hamm (1986), na qual amostras de carne de 500 ± 20 mg foram colocadas no sentido transversal das fibras entre papel filtro, e sobre elas colocado peso de 10 kg por 5 minutos. Posteriormente, as amostras foram pesadas (balança Marte - modelo AS 2000C) e por diferença, calculou-se a quantidade de água perdida. Os resultados foram expressos em percentagem de água retida em relação ao peso inicial da amostra.

Para determinação das perdas de peso por cocção (PPC), as amostras foram pesadas e submetidas ao cozimento em grill elétrico (George Foreman - modelo GBZ4C) pré-aquecido a 170 °C. Com auxílio de termômetro (tipo espeto), foram monitoradas as temperaturas internas no centro geométrico das amostras até atingirem 71 °C, quando então foram retiradas do forno e pesadas novamente após atingirem temperatura ambiente de resfriamento, para posterior cálculo da PPC em percentagem. Na sequência, foram retirados das amostras, com auxílio de um vazador, cilindros de 1,27 cm de diâmetro de forma paralela a orientação das fibras musculares (Wheeler et al., 2002), para determinar a força de cisalhamento em aparelho Texture Analyser (Brookfield - modelo CT3 10K), acoplado à lâmina Warner-Bratzler de 1,016 mm de espessura, sendo os valores expressos em Newton ($N = \text{kgf} \times 9,80665$).

Na análise sensorial, os bifes foram assados em grill elétrico (George Foreman, modelo GBZ4C) pré-aquecido à temperatura de 170 °C, até a temperatura no centro geométrico atingir 75 °C. Após resfriamento, as amostras foram cortadas em cubos (2 cm^3), embaladas em papel alumínio, codificadas com três dígitos aleatórios e mantidas em banho-maria, até serem fornecidas a cada julgador, em cabines individuais. Junto às amostras, foi disponibilizada água aos provadores (para beber entre a degustação de cada amostra) e uma planilha, na qual os 100 provadores não treinados avaliaram os seguintes atributos: cor, odor, sabor, maciez e intenção de compra, numa escala hedônica estruturada de nove pontos, que consistiram em: 1- desgostei muitíssimo, 2- desgostei muito, 3- desgostei regularmente, 4- desgostei

ligeiramente, 5- indiferente, 6- gostei ligeiramente, 7- gostei regularmente, 8- gostei muito e 9- gostei muitíssimo (MORAES, 1993).

As características da carcaça e físico-químicas da carne foram avaliadas em um delineamento experimental inteiramente casualizado, com quatro tratamentos e oito repetições, totalizando 32 unidades experimentais. As características sensoriais da carne foram avaliadas em um delineamento experimental inteiramente casualizado, com quatro tratamentos e cem repetições, totalizando 400 unidades experimentais. Os resultados foram submetidos à análise de variância e regressão, com os graus de liberdade desdobrados em efeitos linear, quadrático e cúbico, de acordo com os teores de farinha de algas marinhas. Para a análise estatística utilizou-se o Programa Computacional SAS (9.3) e o modelo matemático $y_{ij} = \mu + \tau_i + \varepsilon_{ij}$, em que: y_{ij} = variáveis dependentes; μ = média geral de todas as observações; τ_i = efeito da i-ésima proporção de inclusão de farinha de algas marinhas e ε_{ij} = erro aleatório residual, $N_{IID}(0, \sigma^2)$.

3. Resultados e Discussão

As inclusões de farinha de algas marinhas não influenciaram ($P>0,05$) nos pesos e rendimentos das carcaças dos cordeiros (Tabela 2). As dietas contendo farinha de algas marinhas proporcionaram características quantitativas da carcaça similares às dos animais do tratamento controle, provavelmente pelo fato de as dietas possuírem semelhantes teores de energia (3,3 Mcal de energia digestível/kg de MS) e proteína (15%) e o peso de abate ter sido padronizado em 35 kg de PC, com o intuito de obter carcaças com pesos satisfatórios para atender as necessidades dos mais exigentes mercados de carne ovina. Resultados similares foram reportados por Meale et al. (2014) que, ao avaliarem dietas contendo até 3% de farinha de algas marinhas do gênero *Schizochytrium*, não observaram diferenças nos pesos (23,2 kg) e rendimentos (51,05%) das carcaças de cordeiros da raça Arcott.

Em contraste, Burnett et al. (2016), ao avaliarem a suplementação de cordeiros *tricross* (Poll Dorset x Border Leicester x Merino) com 1,80% de linhaça e algas marinhas do gênero *Schizochytrium*, reportaram acréscimo de 10,45% no peso da carcaça quente dos animais que receberam suplemento contendo linhaça. Os autores associaram a superioridade da linhaça com a proteção dos nutrientes pela

casca no processo digestivo inicial, elevando a absorção de nutrientes no intestino delgado.

Tabela 2. Pesos e rendimentos da carcaça de cordeiros confinados e alimentados com dietas contendo crescentes inclusões de farinha de algas marinhas

Variável	Dieta experimental ¹				EPM	Probabilidade		
	D0	D2	D4	D6		L	Q	C
PCA (kg)	33,90	34,42	34,17	34,08	0,20	0,740	0,148	0,308
PCQ (kg)	15,98	16,31	15,78	15,85	0,20	0,318	0,515	0,120
RCQ (%)	47,15	47,01	46,19	46,51	0,50	0,235	0,655	0,421
PCF (kg)	15,26	15,79	15,34	15,50	0,24	0,820	0,463	0,159
RCF (%)	45,02	45,50	44,89	45,48	0,62	0,786	0,931	0,418
PR (%)	1,87	2,13	1,87	1,47	0,38	0,390	0,399	0,811

¹D0: concentrado sem farinha de algas; D2: concentrado + 2% de farinha de algas; D4: concentrado + 4% de farinha de algas; D6: concentrado + 6% de farinha de algas.

PCA- peso corporal ao abate; PCQ- peso de carcaça quente; RCQ- rendimento de carcaça quente; PCF- peso de carcaça fria; RCF- rendimento de carcaça fria; PR- perdas ao resfriamento.

L- linear; Q- quadrático; C- cúbico; EPM- erro padrão da média.

As perdas de peso por resfriamento (PR) não foram afetadas ($P>0,05$) pelas inclusões de farinha de algas marinhas nas dietas dos cordeiros (Tabela 2). Essas perdas ocorrem em função da perda de umidade e reações químicas que ocorrem nos músculos e, segundo Martins et al. (2000), devem ficar em torno de 2,5% para ovinos, podendo ocorrer oscilações entre 1 e 7%, dependendo de fatores como uniformidade da gordura de cobertura, sexo, peso, temperatura e umidade relativa da câmara de resfriamento. Os valores de PR durante as 24 horas de refrigeração variaram de 1,47 a 2,13%, e ficaram próximos aos valores recomendados. Cooper et al. (2004) forneceram dietas contendo diferentes fontes de gordura isoladas ou associadas (óleo de linhaça, óleo de peixe, gordura protegida rica em C18:2 n-6 e C18:3 n-3 e óleo de algas marinhas) para cordeiros Suffolk e não observaram diferença nas PR das carcaças dos animais.

Não apenas a quantidade, mas também a localização da gordura pode influir nas PR da carcaça. A espessura mínima de gordura sobre o músculo *longissimus*, não diferiu ($P>0,05$) e os valores variaram de 3,88 a 4,87 mm (Tabela 3). Esses valores são extremamente importantes, uma vez que o incremento no acabamento das carcaças condiciona o decréscimo na taxa de resfriamento em função da maior cobertura e distribuição uniforme, e valores entre 3 e 5 mm são apropriados para a

proteção das carcaças ovinas, prevenindo com eficiência excessos relacionados ao encurtamento muscular e às perdas líquidas durante a refrigeração, processamento, transporte e armazenamento (SAVELL et al., 2005). Resultados similares foram reportados por De la Fuente-Vásquez et al. (2014) que, ao avaliarem dietas contendo 12,50% de linhaça, 4,00% de farinha de algas marinhas e 3,30% de óleo de peixe como fontes de ácidos graxos n-3, não observaram diferença na espessura de gordura de cobertura na carcaça de cordeiros da raça Manchega e reportaram valores entre 2,90 e 3,22 mm.

Tabela 3. Medidas do músculo *longissimus* e gorduras de cobertura de cordeiros confinados e alimentados com dietas contendo crescentes inclusões de farinha de algas marinhas

Variável	Dieta experimental ¹				EPM	Probabilidade		
	D0	D2	D4	D6		L	Q	C
A (cm)	5,54	5,71	5,69	5,70	0,09	0,214	0,421	0,551
B (cm)	3,21	3,25	3,15	3,22	0,13	0,910	0,949	0,633
C (mm)	3,88	4,08	4,61	4,87	0,45	0,099	0,954	0,776
GR (mm)	8,36	8,29	10,53	10,20	0,76	0,033	0,860	0,162
AOL (cm ²)	13,97	14,55	14,09	14,43	0,60	0,731	0,837	0,499

¹D0: concentrado sem farinha de algas; D2: concentrado + 2% de farinha de algas; D4: concentrado + 4% de farinha de algas; D6: concentrado + 6% de farinha de algas.

A - comprimento máximo do músculo; B - profundidade máxima do músculo; C - espessura mínima de gordura de cobertura sobre o músculo; GR - espessura máxima de gordura de cobertura sobre o perfil do lombo (11 cm); AOL - área de olho de lombo.

L- linear; Q- quadrático; C- cúbico; EPM- erro padrão da média.

GR= 8,18017 + 0,03800x.

As medidas no músculo *longissimus* (Tabela 3) dos cordeiros não foram afetadas ($P>0,05$) pelas dietas, com valores médios de 5,66 cm para o comprimento máximo (A) e 3,21 cm para profundidade máxima (B).

A área de olho de lombo (AOL) ou área do músculo *longissimus*, com média de 14,26 cm², não foi afetada pelas inclusões de farinha de algas marinhas nas dietas dos animais. De acordo com Luchiari Filho (2000), a medida de área de olho de lombo é utilizada como indicador de musculosidade, existindo correlação positiva entre a AOL e a porção comestível da mesma. Urrutia et al. (2016) também não encontraram diferenças na área de olho de lombo de cordeiros da raça Navarra alimentados com dietas contendo 14,29% de óleo de linhaça e 3,89% de farinha de

algas marinhas do gênero *Schizochytrium* como fontes de ácidos graxos n-3, e reportaram valores entre 14,70 e 15,40 cm².

A espessura máxima de gordura (medida GR), apesar de não ser referenciada na literatura com frequência, apresenta alta correlação (0,82) com a espessura de gordura subcutânea e pode ser utilizada para medir a gordura da carcaça de cordeiros deslanados, quando abatidos muito jovens e com gordura subcutânea escassa (CARTAXO et al., 2011). Esta variável apresentou efeito linear crescente ($P=0,018$, Tabela 3), com valores de 8,29 a 10,53 mm (Tabela 3). Já Hopkins et al. (2014) não observaram diferenças na medida GR (10,76 mm) obtida na carcaça de cordeiros *tricross* (Poll Dorset x Border Leicester x Merino) suplementados com 1,92% de farinha de algas marinhas ricas em DHA. Burnett et al. (2016), ao avaliarem a suplementação de cordeiros *tricross* (Poll Dorset x Border Leicester x Merino) com 1,80% de linhaça e algas marinhas do gênero *Schizochytrium* reportaram valores de GR (14,35 e 10,63 mm) 25,92% superiores nas carcaças dos cordeiros alimentados com dieta contendo linhaça.

Não foram observadas diferenças significativas ($P>0,05$) para os pesos dos cortes comerciais das carcaças dos cordeiros (Tabela 4). Esses resultados confirmam a lei da harmonia anatômica de Boccard e Dumont (1960), segundo a qual as proporções relativas das diferentes regiões corporais são semelhantes em carcaças de pesos similares.

Tabela 4. Pesos da carcaça e cortes comerciais de cordeiros confinados alimentados com dietas contendo crescentes inclusões de farinha de algas marinhas

Variável (kg)	Dieta experimental ¹				EPM	Probabilidade		
	D0	D2	D4	D6		L	Q	C
PMCE	7,67	7,97	7,67	7,90	0,13	0,503	0,724	0,060
Paleta	1,72	1,76	1,78	1,83	0,04	0,074	0,985	0,788
Pescoço	0,60	0,65	0,58	0,59	0,03	0,245	0,301	0,158
Costelas	1,87	1,96	1,86	1,95	0,03	0,268	0,882	0,057
Lombo	0,91	0,93	0,86	0,98	0,03	0,319	0,149	0,100
Perna	2,57	2,67	2,59	2,55	0,06	0,550	0,266	0,310

¹D0: concentrado sem farinha de algas; D2: concentrado + 2% de farinha de algas; D4: concentrado + 4% de farinha de algas; D6: concentrado + 6% de farinha de algas.

PMCE- peso da meia carcaça esquerda; L- linear; Q- quadrático; C- cúbico; EPM- erro padrão da média.

O pH final da carne dos cordeiros, avaliado 24 horas após o abate, não foi influenciado ($P>0,05$) pelas inclusões de farinha de algas marinhas nas dietas (Tabela 5). O valor de pH final das carnes variou de 5,75 a 5,79, ficando dentro da faixa de normalidade para carne de ovinos não estressados que, de acordo com Duarte et al. (2011), varia de 5,50 a 5,80. Os dados indicam que houve adequada concentração de glicogênio muscular, acarretando em eficiente processo de *rigor mortis*. Urrutia et al. (2016) também não encontraram diferenças nos valores de pH da carne de cordeiros da raça Navarra alimentados com dietas contendo 14,29% de óleo de linhaça e 3,89% de farinha de algas marinhas do gênero *Schizochytrium* como fontes de ácidos graxos n-3, e reportaram valores entre 5,85 e 5,92.

Tabela 5. Características físico-químicas da carne de cordeiros confinados e alimentados com dietas contendo crescentes inclusões de farinha de algas marinhas

Variável	Dieta experimental ¹				EPM	Probabilidade		
	D0	D2	D4	D6		L	Q	C
pH	5,75	5,75	5,79	5,78	0,20	0,154	0,649	0,298
L*	39,30	40,43	40,12	38,68	1,01	0,638	0,217	0,942
a*	16,52	16,51	16,74	15,75	0,48	0,453	0,388	0,547
b*	3,31	3,25	3,83	3,75	0,39	0,279	0,979	0,462
PPD (%)	4,80	5,77	5,30	5,22	0,27	0,525	0,064	0,142
CRA (%)	55,34	55,05	54,53	54,45	1,05	0,507	0,921	0,887
PPC (%)	27,63	26,00	31,80	26,64	2,32	0,796	0,462	0,091
FC (N)	29,80	27,72	26,97	24,87	2,58	0,194	0,998	0,820

¹D0: concentrado sem farinha de algas; D2: concentrado + 2% de farinha de algas; D4: concentrado + 4% de farinha de algas; D6: concentrado + 6% de farinha de algas.

L*- luminosidade; a*- intensidade de vermelho; b*- intensidade de amarelo; PPD- perda de peso ao descongelamento; CRA- capacidade de retenção de água; PPC- perda de peso na cocção; FC- força de cisalhamento; N- Newton.

L- linear; Q- quadrático; C- cúbico; EPM- erro padrão da média.

As inclusões de farinha de algas marinhas nas dietas dos cordeiros não acarretaram em diferenças ($P>0,05$) na luminosidade (L^*) e nas intensidades de vermelho (a^*) e amarelo (b^*) da carne proveniente do músculo avaliado (Tabela 5). Todos os valores observados estão de acordo com os propostos por Sañudo et al. (2008), em que a carne de cordeiro geralmente tem valores de 30,03 a 49,47 para L^* , 8,24 a 23,53 para a^* e 3,30 a 11,10 para b^* . Seguindo a linha de pesquisa relacionada à inserção de ácidos graxos n-3 na dieta de ruminantes, Albertí et al.

(2014) avaliaram a carne de garrotes da raça Pirenaica alimentados com dietas contendo 5% de óleo de linhaça como fonte de ácidos graxos n-3 e não encontraram diferenças na cor, mesmo após 14 dias de estocagem a 4 °C em ambiente escuro.

A constatação de cores dentro ou próximas dos padrões normais para a carne ovina são de suma importância, pois esta característica qualitativa é a que mais influi na escolha do produto pelo consumidor, despertando neste o desejo de consumir ou rejeitar o mesmo (RAMOS e GOMIDE, 2007).

Não houve efeito ($P>0,05$) das inclusões de farinha de algas marinhas nas dietas sobre a CRA da carne dos cordeiros (Tabela 5). Esta característica qualitativa repercute nos atributos sensoriais e nos valores comercial e nutritivo da carne, pois uma menor CRA implica em perdas econômicas e nutricionais pelo exsudato liberado, que carrega vitaminas, minerais, aminoácidos e outros nutrientes (SILVA SOBRINHO, 2001). Atti et al. (2007), ao avaliarem a carne de cordeiros alimentados com dietas contendo até 10% de farinha de peixe como fonte de ácidos graxos n-3, não observaram diferenças na capacidade de retenção de água.

As inclusões de farinha de algas marinhas nas dietas dos cordeiros não acarretaram diferenças ($P>0,05$) nas PPD da carne (Tabela 5). Esta característica é de grande importância, uma vez que, além de prejudicar a imagem do produto frente às percepções dos consumidores durante a estocagem da carne, as perdas por descongelamento, semelhantemente à CRA, podem causar perdas de nutrientes pelo exsudato e redução na maciez da carne (LAGE et al., 2014).

As PPC da carne dos cordeiros não foram influenciadas ($P>0,05$) pelas inclusões de farinha de algas marinhas nas dietas (Tabela 5). Esta variável é fortemente influenciada pela capacidade de retenção de água, que não foi alterada pelas inclusões de farinha de algas marinhas, e tem relevância por influenciar outras características de qualidade, como cor, FC e suculência da carne. Ainda, é uma medida de qualidade associada ao rendimento da carne no momento do consumo (BONAGURIO, 2003).

As inclusões de farinha de algas marinhas não alteraram ($P>0,05$) a FC da carne dos cordeiros (Tabela 5). A maciez é altamente variável, em função de muitos fatores intrínsecos e extrínsecos, bem como as interações entre os mesmos (DESTEFANIS et al., 2008). Todas as carnes podem ser consideradas macias se levarmos em conta as constatações de Bickerstaffe et al. (1997), que ao estudarem a maciez da carne de cordeiros comercializadas em supermercados da Nova

Zelândia, verificaram que somente amostras com FC acima de 11 kgf (107,9 N) tinham aceitação reduzida e eram caracterizadas como duras; e de Tatum et al. (1999) que consideraram macios músculos *longissimus* com FC inferiores a 5 kgf (49 N).

Na Tabela 6 são apresentados os resultados da análise sensorial da carne proveniente do músculo *longissimus* dos cordeiros. Não foi observada diferença ($P>0,05$) entre as inclusões de farinha de algas marinhas para as características cor e maciez. De maneira geral, as maiores notas incidiram sobre o atributo maciez, característica clássica da carne de cordeiros.

Tabela 6. Características sensoriais da carne de cordeiros confinados e alimentados com dietas contendo crescentes inclusões de farinha de algas marinhas

Variável	Dieta experimental ¹				EPM	Probabilidade		
	D0	D2	D4	D6		L	Q	C
Cor	7,22	7,10	7,40	7,40	0,15	0,208	0,687	0,280
Odor	7,50	7,18	7,06	6,80	0,20	0,014	0,881	0,705
Sabor	7,54	7,32	7,08	6,92	0,20	0,022	0,883	0,912
Maciez	7,84	7,86	7,78	7,72	0,23	0,619	0,798	0,846
IC	7,50	7,40	7,06	6,80	0,20	0,007	0,690	0,722

¹D0: concentrado sem farinha de algas; D2: concentrado + 2% de farinha de algas; D4: concentrado + 4% de farinha de algas; D6: concentrado + 6% de farinha de algas.

IC- intenção de compra; L- linear; Q- quadrático; C- cúbico; EPM- erro padrão da média.

Com a elevação na participação da farinha de algas marinhas nas dietas dos cordeiros, ficou evidente a diminuição na aceitação da carne, com efeitos lineares decrescentes para os atributos odor ($P=0,014$), sabor ($P=0,022$) e para a intenção de compra ($P=0,007$) do produto. Mesmo com a diminuição na aceitabilidade, todas as notas atribuídas às amostras ficaram acima de 6 numa escala estruturada de nove pontos, evidenciando que os provadores gostaram de ligeiramente a muito e aceitaram as carnes.

Dentre os atributos avaliados em análises sensoriais, a intenção de compra é de grande importância, pois engloba todas as características aferidas e remete ao potencial de inserção do produto no mercado. Apesar da piora nos resultados com a inclusão de farinha de algas marinhas, as amostras de carne receberam boas notas (mínimo de 6,80) para esta variável, evidenciando que a utilização deste alimento

alternativo na dieta dos cordeiros não comprometeu as características sensoriais da carne.

De maneira similar, Urrutia et al. (2016) observaram reduções nas notas conferidas aos atributos odor (-15,03%) e sabor (-17,39%) e na aceitação global (-15,32%) ao submeterem carne de cordeiros da raça Navarra alimentados com dietas contendo 14,29% de óleo de linhaça e 3,89% de farinha de algas marinhas do gênero *Schizochytrium* à análise sensorial. No caso, os consumidores detectaram sabor estranho (*off-flavor*) e identificaram como “sabor de peixe”.

O incremento nas proporções dos ácidos graxos DHA e EPA na carne de cordeiros alimentados com dieta contendo óleo de peixe e algas marinhas reduzem o sabor característico da carne ovina e tende a elevar o sabor de peixe (DÍAZ et al., 2011). O efeito negativo dos ácidos graxos DHA e EPA na aceitabilidade da carne já foi reportado anteriormente em outros experimentos envolvendo não só a carne ovina (NUTE et al., 2007), mas também suína (OVERLAND et al., 1996).

4. Conclusão

A farinha de algas marinhas se mostrou uma alternativa interessante, uma vez que não prejudica as características quantitativas da carcaça e qualitativas da carne de cordeiros terminados em confinamento.

5. Referências

ALBERTÍ, P.; BERIAIN, M. J.; RIPOLL, V.; PANEA, B.; MENDIZABAL, J. A.; PURROY, A.; OLLETA, J. L.; SAÑUDO, C. Effect of including linseed in a concentrate fed to young bulls on intramuscular fatty acids and beef color. **Meat Science**, v. 96, p. 1258-1265, 2014.

ATTI, N.; MAHOUACHI, M.; ROUISSI, H. Effects of fish meal in lamb diets on growth performance, carcass characteristics and subcutaneous fatty acid composition. **Options Méditerranéennes**, v. 74, p. 57-61, 2007.

BICHI, E.; HERVÁS, G.; TORAL, P. G.; LOOR, J. J.; FRUTOS, P. Milk fat depression induced by dietary marine algae in dairy ewes: persistency of milk fatty acid composition and animal performance responses. **Journal of Dairy Science**, v. 96, p. 524-532, 2013.

BICKERSTAFFE, R.; LE COUTEUR, C. E.; MORTON, J. D. Consistency of tenderness in New Zealand retail meat. In: INTERNATIONAL CONGRESS OF MEAT SCIENCE AND TECHNOLOGY, 43., 1997, Auckland. **Anais...** Auckland, Nova Zelândia, 1997. p.196-197.

BOCCARD, R.; DUMONT, B. L. Etude de la production de viande chez les ovins. II. Variation de l'importance relative des differentes regions corporales des agneaux de boucherie. **Annales de Zootechnie**, v. 9, p. 355-365, 1960.

BONAGURIO, S.; PÉREZ, J. R. O.; GARCIA, I. F. F.; BRESSAN, M. C.; LEMOS, A. L. S. C. Qualidade da carne de cordeiros Santa Inês puros e mestiços com Texel abatidos com diferentes pesos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 32, p. 1981-1991, 2003.

BORGHI, T. H.; SILVA SOBRINHO, A. G.; ZEOLA, N. M. B. L.; ALMEIDA, F. A.; CIRNE, L. G.; LIMA, A. R. C. Dietary glycerin does not affect meat quality of Ile de France lambs. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 45, p. 554-562, 2016.

BURNETT, V. F.; JACOBS, J. L.; NORNG, S.; PONNAMPALAM, E. N. Feed intake, liveweight gain and carcass traits of lambs offered pelleted annual pasture hay supplemented with flaxseed (*Linum usitatissimum*) flakes or algae (*Schizochytrium* sp.). **Animal Production Science**, v. 57, p. 877-883, 2016.

CAÑEQUE, V.; SAÑUDO, C. **Metodologia para el estudo de la calidad de la canal y de la carne en rumiantes**. Madrid: Instituto Nacional de Investigación y Tecnología y Alimenticia, 2000. 255 p.

CARTAXO, F. Q.; DE SOUSA, W. H.; CEZAR, M. F.; COSTA, R. G.; CUNHA, M. G. G.; GONZAGA NETO, S. Características de carcaça determinadas por ultrassom em tempo real e pós-abate de cordeiros terminados em confinamento com diferentes níveis de energia na dieta. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 40, p. 160-167, 2011.

COOPER, S. L.; SINCLAIR, L. A.; WILKINSON, R. G.; HALET, K. G.; ENSER, M.; WOOD, J. D. Manipulation of the n-3 polyunsaturated fatty acid content of muscle and adipose tissue on lambs. **Journal of Animal Science**, v.82, p. 1461-1470, 2004.

DE LA FUENTE-VÁSQUEZ, J.; DÍAZ-DÍAZ-CHIRÓN, M. T.; PÉREZ-MARCOS, C.; CAÑEQUE, V.; SÁNCHEZ-GONZÁLES, C. I.; ALVAREZ-ACERO, I. Linseed, microalgae or fish oil dietary supplementation affects performance and quality characteristics of light lambs. **Spain Journal of Agriculture Research**, v. 12, p. 436-447, 2014.

DESTEFANIS, G.; BRUGIAPAGLIA, A.; BARGE, M. T.; DAL MOLIN, E. Relationship between beef consumer tenderness perception and Warner-Bratzler shear force. **Meat Science**, v. 78, p. 153-156, 2008.

DÍAZ, M. T.; CAÑEQUE, V.; SÁNCHEZ, C. I.; LAUZURICA, S.; PÉREZ, C.; FERNÁNDEZ, C.; ÁLVAREZ, I.; DE LA FUENTE, J. Nutritional and sensory aspects of light lamb meat enriched in n-3 fatty acids during refrigerated storage. **Food Chemistry**, v. 124, p. 147-155, 2011.

DUARTE, M. S.; PAULINO, P. V.; FONSECA, M. A.; DINIZ, L. L.; CAVALI, J.; SERAO, N. V.; GOMIDE, L. A.; REIS, S. F.; COX, R. B. Influence of dental carcass maturity on carcass traits and meat quality of Nellore bulls. **Meat Science**, v. 88, p. 441-446, 2011.

FRANKLIN, S. T.; MARTIN, K. R.; BAER, R. J.; SCHINGOETHE, D. J.; HIPPEL, A. R. Dietary marine algae (*Schizochytrium* sp.) increases concentrations of conjugated linoleic, docosahexaenoic and transvaccenic acids in milk of dairy cows. **Journal of Nutrition**, v. 129, p. 2048-2052, 1999.

GRIFFITH, R.; O'CONNELL, M.; SMITH, K. The importance of product reformulation versus consumer choice in improving diet quality. **Economica**, v. 89, p. 34-53, 2017.

HAMM, R. Functional properties of the miofibrillar system and their measurement. In: BECHTEL, P.J. (Ed.). **Muscle as food**. Orlando: Academic Press, 1986. p.135-199.

HOPKINS, D. L.; CLAYTON, E. H.; LAMB, T. A.; VAN DE VEN, R. J.; REFSHAUGE, G.; KERR, M. J.; BAILES, K.; LEWANDOWSKI, P.; PONNAMPALAM, E. N. The impact of supplementing lambs with algae on growth, meat traits and oxidative status. **Meat Science**, v. 98, p. 135-141, 2014.

KOOHMARAIE, M.; SHACKELFORD, S. D.; WHEELER, T. L. A base biológica da maciez da carne bovina e abordagens potenciais para seu controle e previsão. In: REPENSANDO A PECUÁRIA DE CORTE: EXPERIÊNCIAS INTERNACIONAIS, 1998, São Paulo. **Anais...** Uberaba: Pinti, 1998, p. 94-139.

LAGE, J. F.; PAULINO, P. V. R.; PEREIRA, L. G. R.; DUARTE, M. S.; VALADARES FILHO, S. C.; OLIVEIRA, A. S.; SOUZA, N. K. P.; LIMA, J. C. M. Carcass characteristics of feedlot lambs fed crude glycerin contaminated with high concentration of fat. **Meat Science**, v. 96, p. 108-113, 2014.

LUCHIARI FILHO, A. **Pecuária da carne bovina**. 1ed. São Paulo: Vieira, 2000, 134 p.

MAPA. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 07 de janeiro de 2000. Regulamento técnico de métodos de insensibilização para o abate humanitário de animais de açougue. S.D.A / M.A.A. **Diário Oficial da União**, Brasília. Sec.I.P. p. 14-16.

MARTINS, R. C.; OLIVEIRA, N. M.; OSORIO, J. C. S; OSÓRIO, M. T. M. **Peso vivo ao abate como indicador do peso e das características quantitativas e qualitativas das carcaças em ovinos jovens da raça Ideal**. Bagé: Embrapa Pecuária Sul, 2000. 29 p.

MEALE, S. J.; CHAVES, A. V.; HE, M. L.; MCALLISTER, T. A. Dose-response of supplementing marine algae (*Schizochytrium* sp.) on production performance, fatty acid profiles, and wool parameters of growing lambs. **Journal of Animal Science**, v. 92, p. 2202-2213, 2014.

MELUZZI, A.; SIRRI, F.; TALLARICO, N.; FRANCHINI, A. Effect of different vegetable lipid sources on the fatty acid composition of egg yolk and on hen performance. **Archives Geflugelkd**, v. 65, 207-213, 2001.

MOONEY, J. W.; HIRSCHLER, E. M.; KENNEDY, A. K.; SAMS, A. R.; VAN ELSWYK, M. E. Lipid and flavor quality of stored breast meat from broilers fed marine algae. **Journal of Food Science Agriculture**, v. 78, p. 134-140, 1998.

MORAES, M. A. C. **Métodos para avaliação sensorial dos alimentos**. Campinas: FEA/UNICAMP, 1993. 93 p.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Nutrient requirements of small ruminants: sheep, goats, cervids and new camelids**. 1 ed. Washington: The National Academic Press, 2007, 362 p.

NUTE, G. R.; RICHARDSON, R. I.; WOOD, J. D.; HUGHES, S. I.; WILKINSON, R. G. Effects of dietary oil source on the flavor and the color and lipid stability of lamb meat. **Meat Science**, v. 77, p. 547-555, 2007.

OVERLAND, M.; TANGBOL, O.; HAUG, A.; SUNDSTOL, E. Effect of fish oil on growth performance, carcass characteristics, sensory parameters and fatty acid composition in pigs. **Acta Agriculturae Scandinavia**, v. 46, p. 11-17, 1996.

RAMOS, E. M.; GOMIDE, L. A. M. **Avaliação da qualidade de carnes: fundamentos e metodologias**. 5. ed. Viçosa: UFV, 2007. 599 p.

SAÑUDO, C.; ARRIBAS, M. D. M. C.; SILVA SOBRINHO, A. G. Qualidade da carcaça e da carne ovina e seus fatores determinantes. In: SILVA SOBRINHO, A.G.; SAÑUDO, C.; OSÓRIO, J.C.S. et al. **Produção de carne ovina**. Jaboticabal: Funep, 2008. p.177-228.

SARDI, L.; MARTELLI, G.; LAMBERTINI, L.; PARISINI, P.; MORDENTI, A. Effects of a dietary supplement of DHA-rich marine algae on Italian heavy pig production parameters. **Livestock Science**, v. 103, p. 95-103, 2006.

SAVELL, J. W.; MUELLER, S. L.; BAIRD, B. E. The chilling of carcasses. **Meat Science**, v. 70, p. 449-459, 2005.

SILVA SOBRINHO, A. G. **Criação de ovinos**. 2. ed. Jaboticabal: Funep, 2001. 302 p.

SILVA SOBRINHO, A. G.; SAÑUDO, C.; OSÓRIO, J. C. S.; ARRIBAS, M. D. M. C.; OSÓRIO, M.T.M. **Produção de carne ovina**. Jaboticabal: Funep, 2008. 228p.

SIRRI, F.; MINELLI, G.; IAFFALDANO, N.; TALLARICO, N.; FRANCHINI, A. Oxidative stability and quality traits of n-3 PUFA enriched chicken meat. **Italian Journal of Animal Science**, v. 2, p.450-452, 2003.

TATUM, J. D.; SMITH, G. C.; BELK, K. E. New approaches for improving tenderness, quality and consistency of beef. PROCEEDINGS OF THE ANIMAL SOCIETY OF ANIMAL SCIENCE, Indianapolis. **Proceedings...** California: American Society of Animal Science, 1999. p.1-10.

URRUTIA, O.; MENDIZABAL, J. A.; INSAUSTI, K.; SORET, B.; PURROY, A.; ARANA, A. Effects of addition of linseed and marine algae to the diet on adipose tissue development, fatty acid profile, lipogenic gene expression, and meat quality in lambs. **Plos One**, v. 11, p. 1-23, 2016.

WHEELER, T. L.; VOTE, D.; LEHESKA, J. M.; SHACKELFORD, S. D.; BELK, K. E.; WULF, D. M.; GWARTNEY, B. L.; KOOHMARAIE, M. The efficacy of three objectives systems for identifying beef cuts that can be guaranteed tender. **Journal of Animal Science**, v. 80, p. 3315-3327, 2002.

CAPÍTULO 4 - FARINHA DE ALGAS MARINHAS (*Schizochytrium* sp.) NA ALIMENTAÇÃO DE CORDEIROS CONFINADOS: CARACTERÍSTICAS NUTRICIONAIS DA CARNE

RESUMO - Objetivou-se avaliar as características nutricionais da carne de cordeiros Ile de France terminados em confinamento, recebendo dietas com crescentes inclusões de farinha de algas marinhas. Foram utilizados 32 cordeiros não castrados com aproximadamente 60 dias de idade e $20,0 \pm 0,2$ kg de peso corporal, alojados em baias individuais e abatidos aos $35,0 \pm 0,2$ kg. Os tratamentos foram compostos por quatro dietas: D0- silagem de milho + concentrado sem farinha de algas; D2- silagem de milho + concentrado + 2% de farinha de algas; D4- silagem de milho + concentrado + 4% de farinha de algas e D6- silagem de milho + concentrado + 6% de farinha de algas. A relação volumoso:concentrado foi 40:60, compondo dietas com semelhantes teores proteicos (15%) e energéticos (3,3 Mcal de energia digestível/kg de MS). Os dados foram avaliados num delineamento experimental inteiramente casualizado, com quatro tratamentos e oito repetições. Os resultados foram submetidos à análise de variância e regressão, com os graus de liberdade desdobrados em efeitos linear, quadrático e cúbico. As inclusões de farinha de algas marinhas nas dietas não alteraram ($P>0,05$) a composição centesimal da carne dos cordeiros. Foram observados efeitos ($P<0,05$) lineares decrescente no teor de colesterol e crescente para a oxidação lipídica da carne dos animais. No perfil de ácidos graxos houve efeitos ($P<0,05$) linear crescente nas concentrações dos ácidos 16:0, 17:0, 18:1 n-7, 18:2 c9t11, 20:5 n-3 e 22:6 n-3 e decrescente dos ácidos graxos 18:0, 18:1 n-9 e 18:2 n-6. As concentrações de AGMI, AGPI e as relações AGMI:AGS e AGPI:AGS apresentaram efeito ($P<0,05$) quadrático. Houve efeitos ($P<0,05$) linear decrescente no total de ácidos graxos n-6 e quadrático para os da família n-3 e na relação n-6:n-3. A atividade das enzimas dessaturase 16 diminuiu ($P<0,05$) linearmente. Foi observado efeito quadrático ($P<0,05$) para a atividade da enzima elongase, nos índices de aterogenicidade e trombogenicidade, nas concentrações de ácidos graxos hiper (h) e hipocolesterolêmicos (H) e na relação h:H. A farinha de algas marinhas não se mostrou uma alternativa interessante para produzir alimentos funcionais, pois o incremento de ácido palmítico na carne dos cordeiros sobrepõem todos os benefícios inerentes aos ácidos graxos da família n-3.

A carne deve ser consumida em período curto, pois o aumento na oxidação lipídica acarreta em diminuição na vida de prateleira dos produtos.

Palavras-chave: colesterol, n-3, qualidade de carne, saúde humana

1. Introdução

A demanda por proteína de origem animal tem aumentado nas últimas décadas, e a carne ovina se destaca como excelente fonte de proteína de alto valor biológico, associada a outros importantes nutrientes como vitaminas, minerais e gordura, com ácidos graxos poli-insaturados como o linoleico e o linolênico, reconhecidos pelos benefícios à saúde humana (REIS et al., 2001).

Concomitantemente, as carnes vermelhas têm sido consideradas por muitos segmentos da sociedade, vilã e causadora de diversas doenças, principalmente pela composição da sua gordura, com elevado conteúdo de ácidos graxos saturados (AGS) e baixa relação ácidos graxos poli-insaturados:ácidos graxos saturados (AGPI:AGS), sendo rotuladas como um dos principais fatores responsáveis pelo aumento no teor de colesterol, doenças cardiovasculares e incidência de câncer (GARAFFO et al., 2011). Com isso, tem-se valorizado a melhora na composição e qualidade da gordura consumida, ficando a quantidade em segundo plano.

Entretanto, com a intensificação nos sistemas de produção de ruminantes, com animais permanentemente confinados e recebendo baixa quantidade de forragens, passou-se a produzir carne com maiores quantidades de ácidos graxos da família ômega-6 (n-6) e consequentemente maior relação ômega-6:ômega-3 (n-6:n-3) (DÍAZ et al., 2017).

Alterar a composição de ácidos graxos da carne de ruminantes, por meio da suplementação com alimentos ricos em n-3, representa uma potencial alternativa para elevar a ingestão de ácidos graxos benéficos na dieta humana (MEALE et al., 2014). Diante de tais propriedades, iniciativas de grupos de pesquisa ao redor do mundo buscam elevar a oferta destes ácidos graxos benéficos na dieta humana por meio da nutrição animal, proporcionando naturalmente DHA e EPA na forma de produtos como a carne.

A farinha de algas marinhas do gênero *Schizochytrium*, composta por aproximadamente 19% de proteína bruta e 50% de lipídios, sendo 27,20% de ácido

docosahexaenoico (DHA) e 0,28% de eicosapentaenoico (EPA), surge como fonte de proteína e energia para animais de produção. Pesquisas têm sido desenvolvidas com o intuito de avaliar os efeitos de inclusões destas farinhas de algas marinhas como fontes de ácidos graxos poli-insaturados na dieta de ruminantes, sendo a maioria direcionados para a nutrição de bovinos (WULLEPIT et al., 2012) e ovinos com aptidão leiteira (BICHI et al., 2013). São poucos os estudos que se atentaram aos efeitos da suplementação dietética com estas algas, quando incluídas em diferentes níveis, sobre as características nutricionais da carne de cordeiros (DE LA FUENTE-VÁSQUEZ et al., 2014 e SUCU et al., 2017).

Diante do exposto, objetivou-se avaliar o efeito de crescentes inclusões de farinha de algas marinhas do gênero *Schizochytrium* na dieta de cordeiros Ile de France terminados em confinamento, sobre a composição centesimal, a oxidação lipídica, o perfil de ácidos graxos, o teor de colesterol, a atividade das enzimas dessaturase e elongase e os índices de aterogenicidade e trombonegicidade da carne.

2. Material e Métodos

O experimento seguiu os princípios éticos da experimentação animal adotados pelo Conselho Nacional de Controle da Experimentação Animal (CONCEA) e foi aprovado pela Comissão de Ética no Uso de Animais (CEUA) da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, FCAV - Unesp, sob protocolo nº 12883/15.

O experimento foi desenvolvido na Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, FCAV - Unesp, Câmpus de Jaboticabal, SP, localizada a 21°15'22" de latitude Sul e 48°18'58" de longitude Oeste, com altitude de 595 m. A fase de campo (confinamento) e o abate dos cordeiros foram realizados nas dependências do Laboratório de Produção Ovina e as análises de composição centesimal no Laboratório de Nutrição Animal, ambos pertencentes ao Departamento de Zootecnia. As análises de colesterol foram realizadas no Laboratório de Tecnologia dos Produtos de Origem Animal e as de ácidos graxos no Laboratório de Bioquímica de Microrganismos e Plantas, ambos pertencentes ao Departamento de Tecnologia.

Foram utilizados 32 cordeiros Ile de France não castrados, recém-desmamados, com aproximadamente 60 dias de idade e $20,0 \pm 0,2$ kg de peso corporal (PC). Os animais foram alojados em baias individuais (galpão coberto), com aproximadamente 1,0 m², piso ripado e suspenso e equipadas com comedouro e

bebedouro. No início do experimento os cordeiros foram identificados, desverminados (Zolvix - 0,1 mL/kg), suplementados com vitaminas A, D e E (Calbos - 3 mL), vacinados contra clostridioses (Sintoxan T - 3 mL) e distribuídos aleatoriamente nos tratamentos, que foram os seguintes: D0: silagem de milho + concentrado sem farinha de algas, D2: silagem de milho + concentrado + 2% de farinha de algas, D4: silagem de milho + concentrado + 4% de farinha de algas e D6: silagem de milho + concentrado + 6% de farinha de algas, com base na matéria seca das dietas.

O concentrado foi composto por milho moído, farelo de soja, fosfato bicálcico, calcário calcítico, suplementos mineral e vitamínico, e ureia (Tabela 1). A farinha de algas marinhas do gênero *Schizochytrium*, composta por 50% de extrato etéreo (140 g/ kg de ácido docosahexaenoico (DHA)), 19,22% de proteína a bruta, 27,11% de carboidratos e 3,67% de minerais, foi misturada aos demais ingredientes do concentrado no momento de elaboração das dietas e ao volumoso durante o fornecimento.

A relação volumoso:concentrado foi 40:60, compondo dietas com semelhantes teores proteicos (15%) e energéticos (3,3 Mcal de energia digestível/kg de MS). As dietas experimentais foram calculadas para atender às exigências preconizadas pelo NRC (2007) para cordeiros desmamados, com ganho médio de peso de 300 g/dia.

Tabela 1 - Composição percentual dos ingredientes e químico-bromatológica das dietas experimentais

Composição	Dieta experimental ¹			
	D0	D2	D4	D6
Ingredientes (% MS)				
Silagem de milho	39,41	40,48	41,61	42,68
Milho em grão moído	46,03	43,21	40,40	37,60
Farelo de soja	11,38	11,11	10,84	10,57
Fosfato bicálcico	0,50	0,50	0,50	0,50
Calcário calcítico	0,68	0,70	0,65	0,65
Suplementos mineral e vitamínico ²	1,00	1,00	1,00	1,00
Ureia	1,00	1,00	1,00	1,00
Farinha de algas	0,00	2,00	4,00	6,00
Bromatológica				
Matéria seca (MS) ³	50,05	49,46	48,96	49,94
Proteína bruta (PB) ⁴	15,02	15,42	15,26	15,10
Extrato etéreo (EE) ⁴	3,38	4,29	5,20	6,11
Matéria mineral (MM) ⁴	3,00	3,44	3,42	3,43
Fibra em detergente neutro (FDN) ⁴	24,59	24,48	23,67	23,03
Fibra em detergente ácido (FDA) ⁴	17,07	16,38	16,12	16,02
Energia metabolizável (Mcal/kg MS)	2,67	2,68	2,74	2,74

¹D0: concentrado sem farinha de algas; D2: concentrado + 2% de farinha de algas; D4: concentrado + 4% de farinha de algas; D6: concentrado + 6% de farinha de algas.

²Níveis de garantia por kg do produto: cálcio 120 g, cloro 90 g, sódio 62 g, magnésio 54 g, fósforo 50 g, enxofre 34 g, zinco 1600 mg, manganês 1500 mg, ferro 1064 mg, flúor (máx) 730 mg, cobre 50 mg, iodo 25 mg, selênio 20 mg, cobalto 10 mg e vitamina A 100.000 UI, vitamina D3 40.000 UI e vitamina E 600 UI.

³%.

⁴% da MS.

Na Tabela 2 consta a composição percentual dos ácidos graxos das dietas completas.

Tabela 2 - Composição percentual dos principais ácidos graxos das dietas

Ácido graxo		Dieta experimental ¹			
		DO	D2	D4	D6
Cáprico	10:0	0,03	0,02	0,02	0,01
Láurico	12:0	0,11	0,10	0,10	0,10
Pentadecanoico	15:0	0,15	0,80	1,28	1,38
Palmítico	16:0	16,84	29,31	41,54	42,37
Heptadecanoico	17:0	0,17	0,39	0,52	0,57
Esteárico	18:0	3,03	2,62	2,45	2,37
Oleico	18:1 n-9	31,84	23,95	15,63	14,51
Cis-vacênico	18:1 n-7	0,69	0,52	0,37	0,42
Linoleico	18:2 n-6	41,30	31,87	21,28	20,00
l-linolênico	18:3 n-3	2,41	1,78	1,30	1,28
γ-linolênico	18:3 n-6	0,05	0,06	0,07	0,07
Araquídico	20:0	0,64	0,54	0,43	0,43
Eicosatrienoico	20:3 n-6	0,02	0,04	0,07	0,07
Araquidônico	20:4 n-6	0,02	0,16	0,36	0,46
Eicosapentaenoico	20:5 n-3	0,02	0,05	0,10	0,11
Docosahexaenoico	22:6 n-3	1,66	5,44	10,97	12,19
Ômega-6	n-6	41,39	32,14	21,78	20,30
Ômega-3	n-3	3,60	7,26	12,38	13,60
Ômega-6:ômega-3	n-6:n-3	11,52	4,48	1,77	1,52

¹DO: concentrado sem farinha de algas; D2: concentrado + 2% de farinha de algas; D4: concentrado + 4% de farinha de algas; D6: concentrado + 6% de farinha de algas.

As dietas foram oferecidas diariamente as 7 e 17 horas, de forma a permitir 10% de sobras (matéria natural), sendo os pesos do alimento oferecido e das sobras registrados para estimativa do consumo. Os cordeiros foram avaliados quanto à verminose (método Famacha®) e pesados quinzenalmente (sem jejum) para acompanhamento e avaliação do desempenho e, ao atingirem $35,0 \pm 0,2$ kg de peso corporal (PCA), foram mantidos em jejum de dieta sólida por 16 horas e abatidos. O confinamento teve duração de 91 dias, sendo 14 dias de adaptação e 77 de coleta de dados.

O abate foi realizado após insensibilização por pistola de concussão (Ctrade - modelo TEC 10 PC), seccionando as veias jugulares e artérias carótidas para a

sangria, com posterior evisceração, retirada da cabeça e extremidade dos membros, respeitando os procedimentos que caracterizam o abate humanitário (MAPA, 2000).

As carcaças permaneceram em câmara frigorífica a 6 °C por 24 horas, penduradas pelos tendões do *gastrocnemius*, em ganchos apropriados, distanciadas as extremidades em 17 cm. Posteriormente as carcaças foram seccionadas em duas meias carcaças e os músculos *longissimus* retirados, individualmente identificados, embalados a vácuo e congelados a -18 °C.

Após a liofilização (72 horas) das amostras proveniente do músculo *longissimus*, as análises de composição centesimal em umidade (930.15), proteína (954.01), gordura (920.39) e matéria mineral (942.05), seguiram as recomendações da AOAC (1995) para análises de carne.

Para a avaliação da oxidação lipídica, amostras de 5 g de carne foram homogeneizadas com água destilada e adicionados 25 mL de TCA (ácido tricloroacético) a 7,5%. Posteriormente, foram novamente homogeneizadas, filtradas em tubo *corning* e colocadas, em tubo de ensaio, 4 mL do filtrado, 1 mL de TCA e 5 mL de TBA (ácido tiobarbitúrico). Os tubos foram postos em água fervente por 40 minutos e após esfriarem, realizou-se leitura em espectrofotômetro (Shimadzu UV-mini 1240) a 538 nm, acompanhada de curva padrão, de acordo com o método descrito por Pikul et al. (1989).

A quantidade de colesterol da carne foi determinada segundo metodologia de Bohac et al. (1988), adaptada por Bragagnolo e Rodriguez-Amaya (2001), na qual 10 gramas de carne liofilizada, oriundas do músculo *longissimus*, foram submetidas à extração de lipídios com 200 mL de solução de clorofórmio:metanol (2:1). Em seguida, alíquota de 5 mL do extrato clorofórmico foi evaporada com nitrogênio gasoso e submetida à saponificação com 10 mL de solução de hidróxido de potássio (12%), em etanol 90%. A solução foi colocada em banho-maria a 80 °C, com agitação por 15 minutos e, ao final desse processo, adicionados 5 mL de água. Após o resfriamento, foram adicionados 10 mL de hexano, com agitação em vórtex. Com a separação das fases, a fração insaponificável (colesterol) foi extraída com hexano, purificada e submetida à reação de cor com 6 mL de ácido acético saturado com sulfato ferroso e 10 mL de ácido sulfúrico concentrado, e em seguida, procedida a leitura em espectrofotômetro (Shimadzu - modelo UV-mini 1240) a 538 nm. A curva de calibração para colesterol foi elaborada utilizando-se 0,01 g de colesterol p.a.

diluído em 50 mL de hexano, da qual foram retiradas alíquotas que corresponderam a 40, 80, 120, 160 e 200 mg/mL.

A extração dos lipídios para determinação do perfil de ácidos graxos foi realizada conforme metodologia de Bligh e Dyer (1959) e os ésteres de ácidos graxos isolados segundo técnica de Hartman e Lago (1973) e analisados em cromatógrafo gasoso (Shimadzu - modelo GC-14B), equipado com detector de ionização de chama e coluna capilar de sílica fundida (Omegawax 250, tamanho: 30 m x 0,25 mm x 0,25 µm, nº cat. 24136-SUPELCO). Os fluxos dos gases foram de 1,2 mL/min para o gás de arraste (H₂); 30 mL/min para o gás auxiliar (N₂) e 30 e 300 mL/min de H₂ e ar sintético, respectivamente. A temperatura inicial para a chama da coluna foi estabelecida em 100 °C, mantida por 2 minutos, sendo então elevada para 220 °C a uma taxa de 4 °C/minuto, permanecendo por mais 25 minutos. A razão de divisão da amostra foi de 1:100. As áreas dos picos foram determinadas por Integrador-Processador (Shimadzu - modelo CG-300), e a identificação dos mesmos por comparação dos tempos de retenção com os padrões de ésteres metílicos de ácidos graxos (Sigma nº cat. 189-19).

A partir do perfil de ácidos graxos foram quantificados os ácidos graxos saturados (AGS), insaturados (AGI), monoinsaturados (AGMI), poli-insaturados (AGPI) e algumas razões entre estes (AGI:AGS, AGMI:AGS e AGPI:AGS). Os ácidos graxos foram classificados de acordo com a funcionalidade em hipocolesterolêmicos (h) e hipercolesterolêmicos (H), conforme descrito por Bessa (1999). Também foram calculados os índices de aterogenicidade (IA) e trombogenicidade (IT), de acordo com Ulbricht e Southgate (1991) e a atividade das enzimas $\Delta 9$ -dessaturases (16 e 18) e elongase, segundo Malau-Aduli et al. (1997). As fórmulas utilizadas para as quantificações e cálculos foram as seguintes:

Hipocolesterolêmicos = (18:1 n-7 + 18:1 n-9 + 18:2 n-6 + 18:3 n-3 + 18:3 n-6 + 20:3 n-6 + 20:5 n-3);

Hipercolesterolêmicos = (12:0 + 14:0 + 14:1 + 16:0 + 16:1);

IA = [(12:0 + (4 x 14:0) + 16:0)] / AGI;

IT = [(14:0 + 16:0 + 18:0) / [(0,5 x Σ AGMI) + (0,5 x Σ n6 + (3 x Σ n3) + (Σ n3/ Σ n6))];

Elongase = 100[(18:0 + 18:1 c9)/(16:0 + 16:1 c9 + 18:0 + 18:1 c9)];

$\Delta 9$ -dessaturase 16 = 100[(16:1 c9)/(16:1 c9 + 16:0)];

$\Delta 9$ -dessaturase 18 = 100[(18:1 c9)/(18:1 c9 + 18:0)].

Os dados das características nutricionais da carne foram avaliados em um delineamento experimental inteiramente casualizado, com quatro tratamentos e oito repetições, totalizando 32 unidades experimentais. Os resultados foram submetidos à análise de variância e regressão, com os graus de liberdade desdobrados em efeitos linear, quadrático e cúbico, de acordo com as inclusões de farinha de algas marinhas. Para a análise estatística utilizou-se o Programa Computacional SAS (9.3) e o modelo matemático $y_{ij} = \mu + \tau_i + \varepsilon_{ij}$, em que: y_{ij} = variáveis dependentes; μ = média geral de todas as observações; τ_i = efeito da i-ésima proporção de inclusão de farinha de algas marinhas e ε_{ij} = erro aleatório residual, $N_{IID}(0, \sigma^2)$.

3. Resultados e Discussão

A composição centesimal da carne dos cordeiros não foi influenciada ($P>0,05$) pelas inclusões de farinha de algas marinhas nas dietas (Tabela 3) e os valores observados estão próximos aos preconizados para a carne ovina, que segundo Tornberg (2005), é composta por 75% de umidade, 20% de proteína, 3% de gordura e 2% de minerais, vitaminas e carboidratos.

Tabela 3. Composição centesimal, teor de colesterol e oxidação lipídica da carne de cordeiros confinados e alimentados com dietas contendo crescentes inclusões de farinha de algas marinhas

Variável	Dieta experimental ¹				EPM	Probabilidade		
	D0	D2	D4	D6		L	Q	C
Umidade ²	74,66	75,7	75,74	75,04	0,53	0,618	0,111	0,908
Proteína ²	19,70	19,34	18,94	19,17	0,29	0,126	0,108	0,471
Gordura ²	4,71	4,01	4,39	4,83	0,41	0,696	0,185	0,582
Minerais ²	0,93	0,95	0,93	0,96	0,03	0,572	0,850	0,556
Colesterol ³	117,87	109,99	101,82	107,08	5,08	0,027	0,100	0,430
Oxidação lipídica ⁴	0,22	0,40	0,87	1,38	0,09	<0,001	0,082	0,537

¹D0: concentrado sem farinha de algas; D2: concentrado + 2% de farinha de algas; D4: concentrado + 4% de farinha de algas; D6: concentrado + 6% de farinha de algas.

²em g/100 g de carne.

³em mg/100 g de carne.

⁴número de substâncias reativas ao ácido 2-tiobarbitúrico (mg de malonaldeído/ kg de amostra).

L- linear; Q- quadrático; C- cúbico; EPM- erro padrão da média.

COL= 153,69633 - 2,70350x; Oxidação lipídica= 0,12650 + 0,19700x.

O teor de colesterol da carne dos cordeiros diminui linearmente ($P=0,027$) com as crescentes inclusões de farinha de algas marinhas nas dietas, apresentando valores entre 101,82 e 117,87 mg/100 gramas de carne. Como não houve diferença

no teor de gordura na carne dos animais, e é sabido que estas variáveis estão altamente associadas, estes resultados podem estar associados aos ácidos graxos da família n-3, reconhecidamente efetivos na redução dos níveis plasmáticos de triglicerídeos, uma vez que a ativação dos Receptores Ativos por Proliferadores de Peroxissomos (PPAR α) aumenta a lipólise intravascular e a liberação das partículas ricas em triglicerídeos devido à regulação positiva do gene da lipoproteína lipase (LPL) e negativa do gene da apo CIII. A ação dos PPAR α resulta ainda na redução da síntese de lipoproteínas de muito baixa densidade (SCHOONJANS et al., 1996).

Resultados semelhantes foram reportados por Sucu et al. (2017), que ao avaliarem a concentração de colesterol no sangue de cordeiros da raça Merino alimentados com dietas contendo até 5 gramas de farinha de algas marinhas do gênero *Schizochytrium* durante um período de 49 dias, observaram diminuição de 61,68 para 58,22 mg/dL. Segundo os autores, fontes de AGPI como as algas marinhas do gênero *Schizochytrium* modulam o metabolismo das prostaglandinas, reduzindo o colesterol, com destacado potencial antitrombótico e anti-inflamatório.

A oxidação lipídica na carne dos cordeiros foi influenciada ($P < 0,001$) pelas inclusões de farinha de algas marinhas nas dietas, com aumento linear, passando de 0,22 para 1,38 mg de malonaldeído (MDA) por kg de carne. Os resultados obtidos confirmam as alterações no perfil de ácidos graxos da carne, em que a quantidade de ácidos graxos poli-insaturados aumentou (Tabela 6). Os níveis de oxidação lipídica estão relacionados às concentrações dos ácidos graxos insaturados, em especial os pertencentes à família n-3, que formam facilmente radicais livres (ELMORE et al., 2005).

Apesar de os valores terem ficado abaixo de 2 mg MDA/ kg, valor considerado limite para que a rancidez não seja detectada por consumidores (YOUNATHAN e WATTS, 1959), na presente pesquisa ficou evidente a diminuição na aceitação da carne dos cordeiros alimentados com dietas contendo os maiores teores de farinha de algas marinhas, com efeitos lineares decrescentes para os atributos odor e sabor (Cap. 3, Tabela 7), principais características afetadas pela rancificação.

Hopkins et al. (2014) observaram maiores valores de TBARS ($5,2 \pm 0,7$ mg MDA/ kg de carne) na carne de cordeiros *tricross* (Poll Dorset x Border Leicester x Merino) suplementados com 1,92% de farinha de algas marinhas ricas em DHA, quando comparadas as do tratamento controle ($1,5 \pm 0,5$ mg MDA/ kg de carne). Os autores se basearam na maior concentração de ácidos graxos poli-insaturados n-3

na carne dos cordeiros alimentados com dieta contendo algas marinhas para justificar o aumento da oxidação. De la Fuente-Vásquez et al. (2014) ao avaliarem a oxidação lipídica da carne de cordeiros alimentados com dietas contendo 12,50% de linhaça, 4,00% de farinha de algas marinhas e 3,30% de óleo de peixe como fontes de ácidos graxos n-3, não observaram diferença no valor de TBARS no dia 0. Entretanto, após sete dias de refrigeração (4 °C), as amostras provenientes dos animais alimentados com linhaça e algas marinhas excederam o 0,5 mg de MDA/ kg de carne, limiar para a detecção de off-flavors por integrantes de painéis treinados (LANARI et al., 1995).

De maneira geral, os ácidos graxos encontrados em maiores concentrações (em 100 gramas de carne) foram os saturados mirístico (147,60 mg), palmítico (1360,72 mg) e esteárico (689,71 mg); o monoinsaturado oleico (1511,65 mg) e o poli-insaturado linoleico (171,58 mg), constituindo de 85,13 a 91,74% do total de ácidos graxos da carne dos cordeiros (Tabelas 4 e 5). Esse ácidos graxos também foram encontrados em superioridade por Madruga et al. (2005), Gallo et al. (2007), Leão et al. (2011), Almeida et al. (2014) e Borghi et al. (2016), ao avaliarem o efeito de diferentes dietas na composição de ácidos graxos na carne de cordeiros.

Tabela 4. Perfil de ácidos graxos saturados (mg/ 100 g) da carne de cordeiros confinados e alimentados com dietas contendo crescentes inclusões de farinha de algas marinhas

Ácido graxo	Dieta experimental ¹				EPM	Probabilidade		
	D0	D2	D4	D6		L	Q	C
10:0	6,21	7,26	10,33	10,06	0,51	0,101	0,214	0,830
12:0	7,78	7,07	8,28	8,76	1,13	0,422	0,603	0,606
14:0	143,97	130,33	153,52	160,60	8,31	0,070	0,273	0,221
15:0	14,28	17,13	16,97	20,38	0,47	0,289	0,631	0,778
16:0	1270,92	1277,58	1426,75	1517,65	27,71	0,001	0,225	0,610
17:0	44,11	47,17	50,47	60,47	1,58	0,001	0,262	0,673
18:0	875,60	774,77	720,97	687,50	27,76	0,001	0,675	0,716
20:0	4,62	3,53	3,98	4,42	0,158	0,834	0,071	0,141

¹D0: concentrado sem farinha de algas; D2: concentrado + 2% de farinha de algas; D4: concentrado + 4% de farinha de algas; D6: concentrado + 6% de farinha de algas.

L- linear; Q- quadrático; C- cúbico; EPM- erro padrão da média.

16:0= 1219,82 + 46,96833x; 17:0= 6,27833 + 0,730083x; 18:0= 875,6 - 291,6250x.

As inclusões de farinha de algas marinhas modificaram o perfil de AGS, com efeitos lineares ($P=0,001$) positivos para os ácidos palmítico e heptadecanoico e linear decrescente para o ácido esteárico.

Os efeitos sobre os AGS se assemelham e estão associados às modificações ocorridas no perfil das dietas com as crescentes inclusões de farinha de algas marinhas (Tabela 2). Apesar de a farinha de algas marinhas ser reconhecida como fonte de ácidos graxos poli-insaturados, sua fração lipídica é constituída por 54,69% de ácido palmítico, elevando a participação do mesmo de 16,84 para 42,37% na dieta dos cordeiros e consequentemente no tecido adiposo dos animais. Da mesma forma, o aumento na concentração do ácido heptadecanoico está associado à elevação de 0,17 para 0,57% e a diminuição do ácido esteárico a redução de 3,03 para 2,37% nas suas participações no extrato etéreo das dietas.

O perfil de AGMI foi alterado com as inclusões de farinha de algas marinhas nas dietas dos cordeiros (Tabela 5). Foram observados efeitos lineares decrescente ($P=0,031$) para o ácido oleico e crescente ($P=0,001$) para o ácido graxo cis-vacênico.

O ácido cis-vacênico é um intermediário transitório da biohidrogenação do ácido linoleico e sua elevação pode estar associada à interrupção na última etapa do processo de biohidrogenação, que converteria o cis-vacênico em ácido esteárico, confirmando a diminuição na concentração do ácido esteárico, produto final do processo realizado pelos microrganismos ruminais. Estudos prévios relataram o potencial de inibição na conversão de ácido vacênico com inclusões de óleo de peixe, mas não foi possível determinar o funcionamento do mecanismo (WONSIL et al., 1994; WHITLOCK et al., 2006). Em ruminantes, o aumento no teor de ácido vacênico é importante por ser capaz de elevar a síntese endógena de CLA (GRIINARI et al., 2000). Franklin et al. (1999), ao alimentarem vacas da raça Pardo-Suíço com dietas contendo 910 gramas de farinhas de algas marinhas (*Schizochytrium* sp.) protegidas ou não contra a atividade da microbiota ruminal, reportaram aumento na concentração do ácido cis-vacênico no leite dos animais que receberam ambas as formas de suplementação.

Tabela 5. Perfil de ácidos graxos insaturados (mg/ 100 g) da carne de cordeiros confinados e alimentados com dietas contendo crescentes inclusões de farinha de algas marinhas

Ácido graxo	Dieta experimental ¹				EPM	Probabilidade		
	D0	D2	D4	D6		L	Q	C
Monoinsaturado								
14:1	3,21	3,66	3,23	3,70	0,416	0,292	0,236	0,521
16:1	66,18	58,88	62,30	68,27	3,10	0,451	0,062	0,431
17:1	0,43	0,41	0,40	0,41	0,02	0,142	0,627	0,886
18:1 n-9	1802,45	1537,95	1468,88	1437,33	38,01	0,031	0,694	0,068
18:1 n-7	119,02	228,37	249,12	294,47	19,89	0,001	0,123	0,217
20:1 n-9	3,46	2,80	3,85	3,48	0,126	0,861	0,797	0,216
Poli-insaturado								
18:2 n-6	201,82	172,63	155,40	156,48	11,81	0,007	0,194	0,927
18:3 n-3	9,03	7,80	8,03	8,86	0,513	0,908	0,057	0,709
18:3 n-6	5,43	4,27	5,92	5,55	0,22	0,330	0,783	0,082
18:2 c9,t11	27,99	39,70	36,65	41,02	3,787	0,032	0,406	0,187
20:2	1,48	1,67	1,47	1,50	0,14	0,810	0,592	0,329
20:3 n-6	5,82	5,60	5,80	5,73	0,503	0,982	0,883	0,764
20:4 n-6	53,37	47,98	52,20	50,40	5,90	0,871	0,873	0,536
20:5 n-3	3,38	12,80	30,13	29,95	3,08	0,001	0,134	0,079
22:4 n-6	4,33	2,00	2,13	2,08	0,164	0,052	0,073	0,218
22:6 n-3	6,45	43,63	85,38	89,05	5,67	0,001	0,208	0,409

¹D0: concentrado sem farinha de algas; D2: concentrado + 2% de farinha de algas; D4: concentrado + 4% de farinha de algas; D6: concentrado + 6% de farinha de algas.

CLA- Conjugated linoleic acid; L- linear; Q- quadrático.

C- cúbico; EPM- erro padrão da média.

18:1 n-9= 1786,05417 - 282,32708x; 18:2 n-6= 195,61833 - 7,88667x; CLA= 30,73167 + 1,945x; 20:5 n-3= 4,51167 + 4,85167x; 22:6 n-3= 4,31750 + 27,04625x.

A diminuição de 20,26% (365,12 mg) na concentração de ácido oleico no perfil de ácidos graxos dos cordeiros está associada às inclusões de farinha de algas nas dietas dos animais. A substituição do milho e do farelo de soja diminuiu a participação do ácido oleico em até 45,57%, passando de 31,84% na dieta controle para 14,51% no tratamento com 6% do alimento alternativo (Tabela 2). Os menores valores observados para o ácido oleico também podem estar associados ao processo de biohidrogenação incompleto, conforme reportado para o monoinsaturado cis-vacênico.

Em relação aos AGPI, foram observados efeitos lineares decrescente ($P=0,007$) para o ácido linoleico e crescentes ($P=0,032$; $P=0,001$ e $P=0,001$) para o CLA e os ácidos eicosapentaenoico e docosahexaenoico.

O ácido linoleico é o principal constituinte da fração lipídica das sementes de milho e soja e a substituição destes ingredientes pela farinha de algas marinhas acarreta em decréscimos de até 51,57% na participação do mesmo na fração extrato etéreo das dietas e consequentemente 23% na gordura intramuscular dos cordeiros.

As inclusões de farinha de algas marinhas proporcionaram incrementos de até 46,55% (13,03 mg) no teor de ácido linoleico conjugado (CLA) na gordura intramuscular dos cordeiros. Apesar da baixa representação no perfil de ácidos graxos, este produto intermediário da biohidrogenação é considerado benéfico à saúde humana, por reduzir problemas com colesterol, diabetes e atuar na prevenção contra o câncer e a obesidade (VARELA et al., 2004). Alimentos funcionais como o CLA são responsáveis pelo aumento no interesse de consumidores, cada vez mais esclarecidos, pela aquisição de carnes vermelhas. Dentre os ruminantes, os ovinos se destacam pela capacidade de incorporar CLA na gordura intramuscular, e o fato dessa substância estar disponível neste tipo de gordura tem particular importância, pois comumente a gordura que é depositada sobre a porção muscular (subcutânea ou de cobertura) é retirada no momento do consumo (OSÓRIO et al., 2006).

A incorporação dos ácidos graxos DHA e EPA na gordura intramuscular dos cordeiros seguiu o comportamento crescente das inclusões de farinha de algas marinhas nas dietas. O incremento na concentração de ácidos graxos n-3 é de grande valia, pois mesmo que encontrados em pequenas concentrações, estes ácidos graxos têm destacada importância para a saúde humana por possuírem funções benéficas ao organismo humano, principalmente na diminuição dos valores de LDL circulantes. O EPA é o ácido n-3 com função anti-inflamatória e o DHA é geralmente incorporado nas membranas celulares em todo o corpo, sendo maiores as concentrações na retina, no cérebro e no esperma (FAGUNDES, 2009).

Meale et al. (2014) avaliaram os efeitos da suplementação com até 3% de farinha de algas *Schizochytrium* sp. (147 g DHA/ kg MS) na dieta de cordeiros Arcott canadense e constataram que a concentração de EPA aumentou linearmente nos tecidos adiposos com o aumento nos teores de farinha de algas marinhas na dieta. De modo semelhante, o DHA aumentou linearmente nos tecidos, diminuindo a relação n-6:n-3 dos mesmos. De maneira geral, observa-se efeito linear crescente

na concentração dos ácidos graxos n-3 quando avaliadas inclusões de até 4% de farinha de algas (ELMORE et al., 2005; DÍAZ et al., 2011 e URRUTIA et al., 2016).

As concentrações dos AGS (50,95%) e AGI (49,05%) não foram afetadas ($P>0,05$) pelas inclusões de farinha de algas marinhas nas dietas. Foram observados efeitos quadráticos nas concentrações dos AGMI ($P=0,029$) e AGPI ($P=0,018$; Tabela 6).

Tabela 6. Concentração (% do total de AG) e relações entre ácidos graxos da carne de cordeiros confinados e alimentados com dietas contendo crescentes inclusões de farinha de algas marinhas

Variável	Dieta experimental ¹				EPM	Probabilidade		
	D0	D2	D4	D6		L	Q	C
AGS ²	50,26	50,25	52,19	51,13	0,76	0,195	0,501	0,160
AGI ³	49,74	49,75	47,81	48,87	0,76	0,195	0,501	0,160
AGMI ⁴	42,77	41,07	38,79	40,52	0,73	0,011	0,029	0,175
AGPI ⁵	6,96	8,68	9,02	8,35	0,46	0,042	0,018	0,856
AGI:AGS	0,99	0,99	0,92	0,96	0,03	0,204	0,599	0,167
AGMI:AGS	0,85	0,82	0,75	0,73	0,03	0,044	0,149	0,169
AGPI:AGS	0,14	0,18	0,17	0,17	0,01	0,108	0,046	0,431
n-3 ⁶	0,55	1,85	3,10	2,90	0,17	0,001	0,001	0,091
n-6 ⁷	5,78	5,80	5,04	4,55	0,38	0,017	0,510	0,555
n6:n3	10,64	3,17	1,65	1,66	0,50	0,001	0,001	0,061

¹D0: concentrado sem farinha de algas; D2: concentrado + 2% de farinha de algas; D4: concentrado + 4% de farinha de algas; D6: concentrado + 6% de farinha de algas.

²C10:0+C12:0+C14:0+C15:0+C16:0+ C17:0+C18:0+C20:0;

³C14:1+C16:1+C17:1+C18:1n9+C18:1n7+C20:1n9+C24:1n9+C18:2n6+C18:3n3+C18:23n6+C18:2c9,t11+C20:2+C20:3n6+C20:4n6+C20:5n3+C22:4n6+C22:6n3;

⁴C14:1+C16:1+C17:1+C18:1n9+C18:1n7+C20:1n9+C24:1n9;

⁵C18:2n6+C18:3n3+C18:23n6+C18:2c9,t11+C20:2+C20:3n6+C20:4n6+C20:5n3+C22:4n6+C22:6n3;

⁶C18:3n3+ C20:5n3+ C22:6n3;

⁷C18:2n6+ C18:3n6+ C20:3n6+ C20:4n6+ C22:4n6;

L- linear; Q- quadrático; C- cúbico; EPM- erro padrão da média.

AGMI= $43,00075 - 1,73629x + 0,21406x^2$; AGPI= $6,98225 + 1,11863x - 0,14906x^2$; AGMI:AGS= $0,84183 - 0,01283x$; AGPI:AGS= $0,14017 + 0,020008x - 0,00271x^2$; n-3= $0,48742 + 0,97454x - 0,09344x^2$; n-6= $5,96033 - 0,22275x$; n-6:n-3= $10,41983 - 4,22800x + 0,46750x^2$.

Esse perfil de ácidos graxos é típico de cortes cárneos provenientes de animais ruminantes, que quando comparados aos de monogástricos, apresentam maiores concentrações de AGS e consequentemente menores relações AGPI:AGS, sendo essa diferença devida, principalmente, ao processo de biohidrogenação dos AGI no rúmen (DEMEYER E DOREAU, 1999; FRENCH et al., 2000).

A relação AGI:AGS não foi afetada ($P>0,05$) pelas inclusões de farinha de algas marinhas nas dietas dos cordeiros. Entretanto, foram observados efeitos linear decrescente na relação AGMI:AGS ($P=0,044$) e quadrático na AGPI:AGS ($P=0,046$). A relação AGPI:AGS (0,16) encontrada na carne dos cordeiros foi inferior à recomendada para uma dieta completa e saudável que, de acordo com Wood et al. (2003), deve estar acima de 0,40. No entanto, segundo Scollan et al. (2006), de maneira geral, a relação AGPI:AGS na carne de ruminantes é baixa e geralmente, a manipulação nutricional não eleva esta relação acima dos teores normais devido à biohidrogenação ruminal, ficando entre 0,06 e 0,17.

Houve efeito quadrático ($P=0,001$) na porcentagem de ácidos graxos da família n-3 (Tabela 6), decorrente principalmente das elevações na quantidade dos ácidos graxos EPA e DHA na carne dos cordeiros alimentados com dietas contendo até 4% de farinha de algas marinhas. Não fosse o possível efeito no processo de biohidrogenação, era esperado efeito linear crescente, pois ao avaliarmos o perfil de ácidos graxos das dietas fornecidas aos cordeiros, observamos um aumento de 377,7% na concentração de ácidos graxos n-3, saindo de 3,60 para 13,60%.

A relação n-6:n-3 teve resposta quadrática ($P=0,001$), com queda de 10,64 para 1,65 na carne dos cordeiros alimentados com dieta contendo 4% de farinha de algas marinhas e posterior elevação. Este comportamento está associado à diminuição na relação n-6:n-3 das dietas fornecidas, que passou de 11,52 na dieta controle para 1,52 no tratamento com maior inclusão de farinha de algas marinhas e os efeitos dos ácidos graxos poli-insaturados no processo de biohidrogenação.

Adicionalmente, a queda nesta relação está associada à diminuição em 49,04% (41,39 para 20,30%) da participação dos ácidos graxos n-6, principalmente o linoleico, em consequência da retirada de até 18,31% do milho da dieta. Os nutricionistas têm salientado a importância de manter relação n6:n3 inferior a 4 na dieta, com o intuito de reduzir possíveis complicações coronarianas, especialmente formação de coágulos no sangue, que leva a cardiopatias (ENSER, 2001).

Na Tabela 7 são apresentados alguns índices, somas e relações dos ácidos graxos que compõem a gordura intramuscular dos cordeiros. A atividade da enzima dessaturase 18 não foi influenciada ($P>0,05$) pelas inclusões de farinha de algas marinhas nas dietas dos cordeiros. Já a dessaturase 16 apresentou efeito linear decrescente ($P=0,029$). A enzima dessaturase é responsável pela dessaturação dos ácidos graxos com 16 e 18 carbonos, convertendo-os em seus correspondentes

monoinsaturados palmitoleico e oleico, ambos com uma dupla ligação no carbono de número 9 (MALAU-ADULI et al., 1997). A diminuição nos valores atribuído a Δ^9 dessaturase 16 é atribuída à elevação na quantidade de ácido palmítico, abundante (54,69%) no perfil lipídico das algas marinhas e componente do divisor na fórmula matemática.

Tabela 7. Índices (%), somas e relações dos ácidos graxos da carne de cordeiros confinados e alimentados com dietas contendo crescentes inclusões de farinha de algas marinhas

Variável	Dieta experimental ¹				EPM	Probabilidade		
	D0	D2	D4	D6		L	Q	C
Δ^9 dessaturase 16 ²	4,95	4,59	4,54	4,31	0,22	0,029	0,332	0,671
Δ^9 dessaturase 18 ³	67,32	69,81	68,81	69,55	1,29	0,335	0,507	0,375
Elongase ⁴	66,70	59,77	57,16	58,71	0,790	0,001	0,001	0,965
Aterogenicidade ⁵	0,79	0,89	0,98	0,92	0,028	0,001	0,013	0,303
Trombogenicidade ⁶	4,61	8,51	11,90	11,04	0,61	0,001	0,001	0,185
Hipocolesterolêmicos (h) ⁷	43,83	38,99	36,05	36,85	0,96	0,001	0,008	0,617
Hipercolesterolêmicos (H) ⁸	30,04	33,91	35,99	34,75	0,68	0,001	0,001	0,616
h:H	1,46	1,15	1,00	1,06	0,48	0,001	0,001	0,783

¹D0: concentrado sem farinha de algas; D2: concentrado + 2% de farinha de algas; D4: concentrado + 4% de farinha de algas; D6: concentrado + 6% de farinha de algas.

² $100[(16:1c9)/(16:1c9 + 16:0)]$; ³ $100[(18:1c9)/(18:1c9 + 18:0)]$; ⁴ $100[(18:0 + 18:1c9)/(16:0 + 16:1c9 + 18:0 + 18:1c9)]$; ⁵ $[(12:0 + (4 \times 14:0) + 16:0)] / AGI$; ⁶ $[(14:0 + 16:0 + 18:0)/((0,5 \times \Sigma AGMI) + (0,5 \times \Sigma n-6 + (3 \times \Sigma n-3) + (\Sigma n-3/\Sigma n-6))]$; ⁷ $18:1n-7 + 18:1n-9 + 18:2n-6 + 18:3n-3 + 18:3n-6 + 20:3n-6 + 20:5n-3$; ⁸ $12:0 + 14:0 + 14:1 + 16:0 + 16:1$. L- linear; Q- quadrático; C- cúbico; EPM- erro padrão da média.

Δ^9 dessaturase 16= $4,86600 - 0,11450x$; Elongase= $66,69550 - 4,50933x + 0,53000x^2$; ATER= $0,78325 + 0,08204x - 0,00969x^2$; TRO= $4,42783 + 2,92142x - 0,29813x^2$; h= $43,92583 - 3,31250x + 0,35292x^2$; H= $29,96283 + 2,73142x - 0,32021x^2$; h:H= $1,46800 - 0,20767x + 0,02333x^2$.

A atividade da enzima elongase foi influenciada pelas inclusões de farinhas de algas marinhas nas dietas dos cordeiros, apresentando efeito quadrático ($P=0,001$). A substituição do milho pela farinha de algas marinhas aumentou a concentração do ácido palmítico, diminui a concentração do ácido esteárico e favoreceu a biossíntese dos monoinsaturados com 18 carbonos, acarretando em alterações na atividade da enzima.

Os índices de aterogenicidade (IA) e trombogenicidade (IT) da carne dos cordeiros apresentaram efeito quadrático ($P=0,013$ e $P=0,001$) com as inclusões de farinha de algas marinhas na dieta. O comportamento quadrático está associado à presença dos ácidos graxos mono e poli-insaturados, que apresentaram o mesmo efeito, no divisor das fórmulas matemáticas. Esses índices relacionam os ácidos pró

e antiaterogênicos e indicam o potencial de estímulo à agregação plaquetária, ou seja, quanto menores os valores de IA e IT, maior quantidade de ácidos graxos antiaterogênicos presentes na gordura e, conseqüentemente, maior o potencial de prevenção ao aparecimento de doenças coronárias (ULBRIGHT; SOUTHGATE, 1991). A diminuição no IT evidencia que, mesmo com a incorporação de quantidade significativa de ácidos n-3 na gordura dos cordeiros, a presença do ácido palmítico em abundância sobrepõe os efeitos benéficos dos ácidos DHA e EPA.

Foram observados efeitos quadráticos ($P=0,008$; $P=0,001$ e $P=0,001$) para o total de ácidos hipocolesterolêmicos (h) e hipercolesterolêmicos (H) e para a relação h:H. Essas alterações nos valores de h e H seguem o comportamento observado para os AGMI e AGPI, base constituinte das fórmulas utilizadas para determinação de tais índices. Os valores encontrados para a relação h:H são inferiores aos 1,72 e 1,75 observados por Cirne et al. (2014) e Almeida et al. (2014), respectivamente, na carne de cordeiros Ile de France confinados e alimentados com dietas contendo ingredientes alternativos como feno de amoreira e grãos de girassol. Essa relação é baseada nos efeitos funcionais dos ácidos graxos sobre o metabolismo do colesterol, contudo permite melhor avaliação nutricional ao considerar os efeitos benéficos dos ácidos graxos monoinsaturados. Nessas condições, a alta concentração do ácido palmítico prejudica de maneira destacada a relação h:H. Como não existem valores recomendados, assume-se que quanto mais elevada a relação h:H, mais saudável é a gordura (ALMEIDA et al., 2014).

4. Conclusões

A farinha de algas marinhas não se mostrou uma alternativa interessante para produzir alimentos funcionais, pois o incremento de ácido palmítico na carne dos cordeiros sobrepõem todos os benefícios inerentes aos ácidos graxos da família n-3. A carne deve ser consumida em período curto, pois o aumento na oxidação lipídica acarreta em diminuição na vida de prateleira dos produtos.

5. Referências

ALMEIDA, F. A.; SILVA SOBRINHO, A. G.; MANZI, G.; LIMA, N. L. L.; ENDO, V.; ZEOLA, N. M. B. L. Dietary supplementation with sunflower seeds and vitamin E for fattening lambs improves the fatty acid profile and oxidative stability of the *Longissimus lumborum*. **Animal Production Science**, v. 55, p. 1030-1036, 2014.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS - AOAC. **Official methods of analysis**, 16.ed. Washington: DC, 1995. 1011p.

BESSA, R. J. B. Revalorização nutricional das gorduras dos ruminantes. In: SYMPOSIUM EUROPEO - ALIMENTACIÓN EM EL SIGLO XXI, 1999, Badajoz. **Anais...**Badajoz: Colégio Oficial de Veterinários de Badajoz, 1999, p. 283-313.

BICHI, E.; HERVÁS, G.; TORAL, P.G.; LOOR, J.J.; FRUTOS, P. Milk fat depression induced by dietary marine algae in dairy ewes: persistency of milk fatty acid composition and animal performance responses. **Journal of Dairy Science**, v. 96, p. 524-532, 2013.

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

BOHAC, C. E.; RHEE, K. S.; ONO, K. Assessment of methodologies for colorimetric cholesterol assay of meats. **Journal of Food Science**, v. 53, p. 1642-1693, 1988.

BORGHI, T. H.; SILVA SOBRINHO, A. G.; ZEOLA, N. M. B. L.; ALMEIDA, F. A.; CIRNE, L. G.; LIMA, A. R. C. Dietary glycerin does not affect meat quality of Ile de France lambs. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 45, p. 554-562, 2016.

BRAGAGNOLO, N.; RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. Determinação de colesterol em carne: comparação de um método colorimétrico e um método por cromatografia líquida de alta eficiência. **Revista do Instituto Adolfo Lutz**, v. 60, p. 53-57, 2001.

CIRNE, L. G. A.; SILVA SOBRINHO, A.G.; SANTANA, V.T.; SILVA, F. U.; OLIVEIRA, E. A.; ALMEIDA, F. A.; ENDO, V.; TAKAHASHI, R.; CARVALHO, G. G. P.; ZEOLA, N.M.B.L. Digestibilidade e desempenho em cordeiros alimentados com dietas contendo feno de amoreira. *Semina. Ciências Agrárias (Impresso)*, v. 35, p. 1523, 2014.

DE LA FUENTE-VÁSQUEZ, J.; DÍAZ-DÍAZ-CHIRÓN, M. T.; PÉREZ-MARCOS, C.; CAÑEQUE, V.; SÁNCHEZ-GONZÁLES, C. I.; ALVAREZ-ACERO, I. Linseed,

microalgae or fish oil dietary supplementation affects performance and quality characteristics of light lambs. **Spain Journal of Agriculture Research**, v. 12, p. 436-447, 2014.

DEMEYER, D.; DOREAU, M. Targets and procedures for altering ruminant meat and milk lipids. **Proceedings of the Nutrition Society**, v. 58, p. 593-607, 1999.

DÍAZ, M. T.; CAÑEQUE, V.; SÁNCHEZ, C. I.; LAUZURICA, S.; PÉREZ, C.; FERNÁNDEZ, C.; ÁLVAREZ, I.; DE LA FUENTE, J. Nutritional and sensory aspects of light lamb meat enriched in n-3 fatty acids during refrigerated storage. **Food Chemistry**, v. 124, p. 147-155, 2011.

ELMORE, J. S.; COOPER, S. L.; ENSER, M.; DONALD, S. M. A.; SINCLAIR, L. A.; WILKINSON, R. G.; WOOD, J. D. Dietary manipulation of fatty acid composition in lamb meat and its effect on the volatile aroma compounds of grilled lamb. **Meat Science**, v. 69, p. 233-242, 2005.

ENSER, M. The role of fats in human nutrition. In: ROSSELL, B. (Ed.). **Animal carcass fats**. Oils and fats. Leatherhead, Surrey, UK: Leatherhead Publishing, 2001. p.77-122.

FAGUNDES, L. A. **Ômega-3 & Ômega-6: o equilíbrio dos ácidos gordurosos essenciais na prevenção de doenças**. Porto Alegre: Fundação de Radioterapia do Rio Grande do Sul, 2009. 267p.

FRANKLIN, S. T.; MARTIN, K. R.; BAER, R. J.; SCHINGOETHE, D. J.; HIPPEN, A. R. Dietary marine algae (*Schizochytrium* sp.) increases concentrations of conjugated linoleic, docosahexaenoic and transvaccenic acids in milk of dairy cows. **Journal of Nutrition**, v. 129, p. 2048-2052, 1999.

FRENCH, P.; SATANTON, C.; LAALESS, F. Fatty acid composition, including conjugated linoleic acid of intramuscular fat from steers offered grazed grass, grass silage or concentrate based diets. **Journal of Animal Science**, v. 78, p. 2849-2855, 2000.

GALLO, S. B.; SIQUEIRA, E. R.; DA ROSA, G. T. Efeito da nutrição da ovelha e do cordeiro sobre o perfil de ácidos graxos do músculo *Triceps brachii* de cordeiros. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 36, p. 2069-2073, 2007.

GARAFFO, M. A.; VASSALLO-AGIUS, R.; NENGAS, Y.; LEMBO, E.; RANDO, R.; MAISANO, R.; DUGO, G.; GIUFFRIDA, D. Fatty acid profile, atherogenic (IA) and thrombogenic (IT) health lipid índices, of raw roe of blue fin tuna (*Thunnus Thynnus* L.) and their salted product "Bottarga". **Food and Nutrition Sciences**, v.2, p.736-743, 2011.

GRIINARI, J. M.; CORL, B. A.; LACY, S. H.; CHOUINARD, P. Y.; NURMELA, K. V.; BAUMAN, D. E. Conjugated linoleic acid is synthesized endogenously in lactating dairy cows by Delta(9)-desaturase. **Journal of Nutrition**, v. 130, p. 2285-2291, 2000.

GURTLE, H.; KETZ, A.; KOLB, E.; SCHRODER, L.; SEIDEL, H. **Fisiologia Veterinária**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1987. 612p.

HANSEN A. E; WIESE, H. F.; BOELSCHE, A. N.; HAGGARD, M. E.; ADAM, D. J. D.; DAVIES, H. Role of linoleic acid in infant nutrition. Clinical and chemical study of 428 infants fed on milk mixtures varying in kind and amount of fat. **Pediatrics**, v. 31, p. 171-192, 1963.

HARTMAN, L.; LAGO, R. C. A. Rapid preparation of fatty acid methyl esters from lipids. **Laboratory Practice**, v. 22, p. 475-476, 1973.

HOPKINS, D. L.; CLAYTON, E. H.; LAMB, T. A.; VAN DE VEN, R. J.; REFSHAUGE, G.; KERR, M. J.; BAILES, K.; LEWANDOWSKI, P.; PONNAMPALAM, E. N. The impact of supplementing lambs with algae on growth, meat traits and oxidative status. **Meat Science**, v. 98, p. 135-141, 2014.

LANARI, M. C.; SCHAEFER, D. M.; SCHELLER, K. K. Dietary supplementation and discoloration of pork bone and muscle following modified atmosphere packaging. **Meat Science**, v. 41, p. 237-250, 1995.

LEÃO, A. G.; SILVA SOBRINHO, A. G.; MORENO, G. M. B.; SOUZA, H. A.; PEREZ, H. L.; LOUREIRO, C. M. B. Características nutricionais da carne de cordeiros terminados com dietas contendo cana-de-açúcar ou silagem de milho e dois níveis de concentrado. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 40, p. 1072-1079, 2011.

MADRUGA, M. S.; SOUSA, W. H.; ROSALES, M. D.; CUNHA, M. G. G.; RAMOS, J. L. F. Qualidade da carne de cordeiros Santa Inês terminados com diferentes dietas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 34, p. 309-315, 2005.

MALAU-ADULI, A. E. O.; SIEBERT, B. D.; BOTTEMA, C. D. K.; PITCHFORD W. S. A comparison of the fatty acid composition of triacylglycerol in adipose tissue from Limousin and Jersey cattle. **Australian Journal of Agriculture Research**, v. 48, p. 715-722, 1997.

MAPA. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 07 de janeiro de 2000. Regulamento técnico de métodos de insensibilização para o abate humanitário de animais de açougue. S.D.A / M.A.A. **Diário Oficial da União**, Brasília. Sec.I.P.14-16.

MEALE, S. J.; CHAVES, A. V.; HE, M. L.; MCALLISTER, T. A. Dose-response of supplementing marine algae (*Schizochytrium* sp.) on production performance, fatty acid profiles, and wool parameters of growing lambs. **Journal of Animal Science**, v. 92, p. 2202-2213, 2014.

NRC. National Research Council. **Nutrients requirements of sheep**. Washington: National Academys Press, 2007. 362p.

OSÓRIO, M. T. M.; OSÓRIO, S. G. J.; HASHIMOTO, J. J. R.; BONACINA, M.; ÁVILA, C. C. Qualidade nutritiva e funcional da carne ovina. In: SEMANA DA CAPRINOCULTURA E DA OVINOCULTURA BRASILEIRA, 5., 2006, Campo Grande. **Anais...** Campo Grande: EMBRAPA:CNPGC, 2006. 1 CD-ROM.

PAULINO, P. V. R.; VALADARES FILHO, S. C.; DETMANN, E.; VALADARES, R. F. D.; FONSECA, M. A.; MARCONDES, M. I. Deposição de tecidos e componentes

químicos corporais em bovinos Nelore de diferentes classes sexuais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, p. 2516-2524, 2009.

PIKUL, J.; LESZCZYNSKI, D. E.; KUMMEROW, F. A. Evaluation of three modified TBA methods for measuring lipid oxidation in chicken meat. **Journal of Agricultural of Food Chemistry**, v. 37, p. 1309-1313, 1989.

REIS, W.; JOBIM, C. C.; MACEDO, F. A. F.; MARTINS, E. N.; CECATO, U.; SILVEIRA, A. Desempenho de cordeiros terminados em confinamento, consumindo silagens de milho de grãos com alta umidade ou grãos de milho hidratados em substituição aos grãos de milho seco da dieta. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 30, p. 596-603, 2001.

SCHOONJANS, K.; STAELS, B.; AUWERX, J. The Peroxisome proliferator-activated receptors (PPARs) and their effects on lipid metabolism and adipocyte differentiation. **Biochimica et Biophysica Acta**, v. 2, p. 93-109, 1996.

SCOLLAN, N.; HOCQUETTE, J.; NUERNBERG, K.; DANNENBERGER, D.; RICHARDSON, I.; MOLONEY, A. Innovations in beef production systems that enhance the nutritional and health value of beef lipids and their relationship with meat quality. **Meat Science**, v. 74, p. 17-33, 2006.

SUCU, E.; UDUM, D.; GUNES, N.; CANBOLAT, O.; FILYA, I. Influence of supplementing diet with microalgae (*Schizochytrium limacinum*) on growth and metabolism in lambs during the summer. **Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences**, v. 41, p. 167-174, 2017.

TORNBERG, E. Effects of heat on meat proteins - Implications on structure and quality of meat products. **Meat Science**, v. 70, p. 493-508, 2005.

ULBRICHT, T. L. V.; SOUTHGATE, D. A. T. Coronary heart disease: seven dietary factors. **Lancet**, v. 338, p. 985-992, 1991.

URRUTIA, O.; MENDIZABAL, J. A.; INSAUSTI, K.; SORET, B.; PURROY, A.; ARANA, A. Effects of addition of linseed and marine algae to the diet on adipose tissue development, fatty acid profile, lipogenic gene expression, and meat quality in lambs. **Plos One**, v. 11, p. 1-23, 2016.

VARELA, A.; OLIETE, B.; MORENO, T.; PORTELA, C.; MONSERRAT, L.; CARBALLO, J. A.; SÁNCHEZ, L. Effect of pasture finishing on the meat characteristics and intramuscular fatty acid profile of steers of the Rubia Gallega breed. **Meat Science**, v.67, p.515-522, 2004.

YOUNATHAN, M. T. AND WATTS, B. M. Relationships of meat pigments to lipid oxidation. **Food Research**. v. 24, p. 728-734, 1959.

WHITLOCK, L. A.; SCHINGOETHE, D. J.; ABUGHAZALEH, A. A.; HIPPEN, A. R.; KALSCHEUR, K. F. Milk production and composition from cows fed small amounts of fish oil with extruded soybeans. **Journal of Dairy Science**, v.89, p.3972-3980, 2006.

WONSIL, B. J.; HERBEIN, J. H.; WATKINS, B. A. Dietary and ruminally derived *trans*-18:1 fatty acids alter bovine milk lipids. **Journal of Nutrition**, v. 124, p. 556-565, 1994.

WOOD, J. D.; ENSER, M.; FISHER, A. V.; NUTE, G. R.; WHITTINGTON, F. M.; RICHARDSON, R. I. Effects of fatty acids on meat quality: a review. **Meat Science**, v. 66, p. 21-32, 2003.

WULLEPIT, N.; HOSTENS, M.; GINNEBERGE, C.; FIEVEZ, V.; OPSOMER, G.; FREMAUT, D.; DE SMET, S. Influence of a marine algae supplementation on the oxidative status of plasma in dairy cows during the periparturient period. **Preventive Veterinary Medicine**, v. 103, p. 298-303, 2012.