

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
PROGRAMA DE PÓS- GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL E PASTAGENS

QUALIDADE E ESTABILIDADE DA CARNE DE OVINOS
ALIMENTADOS COM DIETAS CONTENDO BIXINA

Autora: Diana Vieira Rocha
Orientador: Prof. Dr. Omer Cavalcanti Almeida

GARANHUNS
Estado de Pernambuco
Fevereiro – 2014

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
PROGRAMA DE PÓS- GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL E PASTAGENS

QUALIDADE E ESTABILIDADE DA CARNE DE OVINOS
ALIMENTADOS COM DIETAS CONTENDO BIXINA

Autora: Diana Vieira Rocha
Orientador: Prof. Dr. Omer Cavalcanti Almeida

Dissertação apresentada, como parte das exigências para obtenção do título de MESTRE EM CIÊNCIA ANIMAL E PASTAGENS, no Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal e Pastagens da Universidade Federal Rural de Pernambuco - Área de Concentração: Produção de Ruminantes

GARANHUNS
Estado de Pernambuco
Fevereiro -2014

Ficha catalográfica
Setor de Processos Técnicos da Biblioteca Setorial UFRPE/UAG

R672q Rocha, Diana Vieira
Qualidade e estabilidade da carne de ovinos
alimentados com dietas contendo bixina/ Diana Vieira
Rocha. -Garanhuns, 2014.

75 Fs.

Orientador: Omer Cavalcanti Almeida
Dissertação (Mestrado em Ciência animal e Pastagens)
- Universidade Federal Rural de Pernambuco – Unidade
Acadêmica de Garanhuns, 2014.
Inclui Anexos e Bibliografias

CDD 370

CDD: 636.3

1. Ovinocultura
 2. Qualidade da carne
 3. Bixina – Ácidos graxos
 4. Mercado consumidor
 5. Estudos qualitativos
- I. Almeida, Omer Cavalcanti
 - II. Título


UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
PROGRAMA DE PÓS- GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL E PASTAGENS

QUALIDADE E ESTABILIDADE DA CARNE DE OVINOS
ALIMENTADOS COM DIETAS CONTENDO BIXINA

Autora: Diana Vieira Rocha
Orientador: Prof. Dr. Omer Cavalcanti Almeida

TITULAÇÃO: Mestre em Ciência Animal e Pastagem
Área de Concentração: Produção de Ruminantes

APROVADO em 28 de fevereiro de 2014.



Prof. Dr. Francisco F. R. de Carvalho
PPGZ/UFRPE



Prof. Dr. Robson M. Liberal Vêras
PPGZ/UFRPE



Prof. Dr. Kleber Régis Santoro
PPGCAP/UFRPE



Prof. Dr. Omer C. de Almeida
(Orientador)

“Talvez não tenha conseguido fazer o melhor, mas lutei para que o melhor fosse feito. Não sou o que deveria ser, mas Graças a Deus, não sou o que era antes”.

(Marthin Luther King)

Ao

Meu Saudoso pai Egídio (Zequinha), pelo carinho, amor e conselhos, os quais ficarão sempre em minha memória.

À

Minha mãe Francisca (Nita), pelo carinho, paciência, dedicação, amor, e ao seu apoio incondicional.

Aos

Meus irmãos Edilson, Edinaldo e Edimario, pelo apoio e ajuda quando esta se fez necessária.

Ao

Meu namorado Gildo, pelo companheirismo, apoio e compreensão em todos os momentos.

À

Todos os membros da minha família, pelo carinho ao longo dessa jornada.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A Deus, por ser minha fonte de fé, amor, esperança, perseverança e força em todos os momentos.

À UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO, por ter me possibilitado desenvolver este trabalho.

A CAPES, CNPQ, FACEPE, pelas concessões das bolsas que possibilitaram o desenvolvimento desse trabalho e dos anteriores.

Ao Prof. Dr. Omer Cavalcanti Almeida, pela dedicada orientação, ensinamentos, estímulo, amizade e perseverança sem a qual não teria sido possível realizar esse trabalho.

Aos meus co-orientadores: Prof. Dr. Francisco Carvalho e Prof. Dr. Dorgival Morais, pela ajuda para que esse trabalho fosse realizado.

Aos Professores Francisco Resende, Geane Dias, Kleber Regis, Willian Gonçalves e Álvaro Bicudo e Cibele Castro, pela ajuda no desenvolvimento das metodologias e pelos conselhos que foram imprescindíveis.

Aos Professores, Keila Moreira e Renato Molica, Karla Andrade, Anamélia pela ajuda no desenvolvimento do trabalho.

Aos meus companheiros de mestrado, Leones, Francisco (Chico), Hélio, Janieire, Daurivane, Kelly, Wilma, Marla, Carlos Eduardo, Ricardo, Stephany, Carol, Helton, Bismarck, Amelinha, Nathalia, Liberato, Fábila, Erickson, Eldania, Isabel, Rayane pelas coisas compartilhadas, pelo companheirismo, gargalhadas e amizade.

Aos estagiários do LANA: Gisele, Taís, Wanderson, Danilo, Alison, Angélica, pela ajuda quando necessária; aos meus estagiários Layane, Ionara e, em especial, ao meu estagiário Wellington Bizarria, pela dedicação, empenho, paciência e ombro amigo nos momentos de crise.

Aos meus amigos, Renata, Eldo, Alisson, Gislei, Gilvannya, Julia, Gracineide, pela compreensão e pela grande contribuição em todo esse período, em especial para meu amigo Marcello Zuritta, por me mostrar o quanto guerreiro devemos ser nessa vida e como as verdadeiras amizades são importantes ao longo da nossa jornada.

Aos meus companheiros de ônibus, que fazem com que as viagens de ida e vinda da UAG sejam repletas de sorrisos e que atenuam o cansaço no final do dia.

A técnica do laboratório Milla e aos funcionários, Sr. Cláudio, Rose, Edvânia e Alcione, pela ajuda quando necessária.

À todos os professores pela contribuição ao longo dessa jornada;

A todos aqueles que contribuíram direta ou indiretamente para o término dessa longa jornada.

A TODOS, MUITO OBRIGADA!

BIOGRAFIA

Diana Vieira Rocha, filha de Egídio Vieira Rocha e Francisca Quitéria da Rocha, nasceu no município de Lajedo, Pernambuco, no dia 18 de agosto de 1987.

Ingressou no curso de Zootecnia na Universidade Federal Rural de Pernambuco – Unidade Acadêmica de Garanhuns em agosto de 2006, concluindo-o em agosto de 2011. No mesmo ano, ingressou no mestrado em Ciência Animal e Pastagens, na Universidade Federal Rural de Pernambuco – Unidade Acadêmica de Garanhuns, concentrando seus estudos na área de Nutrição e Avaliação de alimentos para ruminantes.

No dia 28 de fevereiro de 2014, submeteu-se a banca de defesa, para obtenção do título de Mestre em Ciência Animal e Pastagens.

ÍNDICE

	Página
LISTA DE TABELAS	ix
LISTA DE TABELAS DO APÊNDICE	x
LISTA DE FIGURAS DO APÊNDICE	xii
LISTA DE SIGLAS	xiii
LISTA DE ABREVIATURAS	xiv
RESUMO	xv
ABSTRACT	xvi
I-INTRODUÇÃO GERAL.....	17
II-REVISÃO DE LITERATURA	18
1-Potencial bioativo dos carotenoides	18
2. Antioxidantes.....	22
3. Potencial protetor do antioxidante e qualidade de carne ovina	23
4. Perfil de ácidos graxos na carne	25
CITAÇÃO BIBLIOGRÁFICA	26
III-CAPÍTULO I.....	31
A BIXINA NA DIETA DE OVINOS MELHORA A ESTABILIDADE OXIDATIVA E A COMPOSIÇÃO DA CARNE	31
RESUMO.....	32
ABSTRACT	33
1-Introdução	34
2-Material e Métodos	35
2.1 Animais e tratamentos.....	35
2.2 Amostragens	37
2.3 Análises laboratoriais	37

2.3.1 Composições da Carne.....	38
2.3.2 Quantificações de Bixina	38
2.3.3 Índices de Peróxido (IP)	40
2.3.4 Substâncias Reativas ao Ácido Tiobarbitúrico (SRAT)	41
2.3.4 Determinações do Colesterol Total	42
2.3.5 Determinações do Perfil de Ácidos Graxos da Carne	44
2.4 Análises estatística	45
3. Resultados	45
3.1 Índices de Peróxido (IP)	45
3.2 Substâncias reativas a o ácido tiobarbitúrico (SRAT).....	46
3.3 Teores de colesterol da carne.	48
3.4 Perfis de ácidos graxos da carne	49
4. Discussão	51
4.1 Índices de Peróxido	51
4.2 Substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (SRAT)	52
4.3 Teores de colesterol da carne.....	54
4.4 Perfis de ácidos graxos da carne	55
5. Conclusão	59
REFERÊNCIAS	59
IV-APÊNDICE	65

LISTA DE TABELAS

	Página
Tabela 1. Composição química dos ingredientes das dietas experimentais.	35
Tabela 2. Proporção dos ingredientes e composição química (g/kg) das dietas experimentais.	36
Tabela 3. Perfil de ácidos graxos dos principais ingredientes da dieta.	36
Tabela 4. Composição química da carne dos ovinos que receberam dietas contendo bixina.	37
Tabela 5. Índice de peróxido (mEq.1000g ⁻¹) da carne congelada de ovinos que receberam dietas contendo bixina.	46
Tabela 6. Concentração de SRAT (mg MD/kg) da carne congelada de ovinos que receberam dietas contendo bixina.	47
Tabela 7. Concentração de colesterol total (mg/100g) da carne congelada de ovinos que receberam dietas contendo bixina.	48
Tabela 8. Perfil de ácido graxo (mg/100g de ácidos graxos) da carne congelada de ovinos que receberam dietas contendo bixina.	50

LISTA DE TABELAS DO APÊNDICE

Página

Tabela 1A. Dados da composição química bromatológica, índice de peróxido, substância reativa ao ácido tiobarbitúrico, colesterol e bixina da carne de ovinos congelada, alimentados com diferentes níveis de bixina.66

Tabela 2A. Dados do Perfil de ácidos graxos da carne congelada de ovinos alimentados com diferentes níveis de bixina.....68

Tabela 3A. Dados da composição química bromatológica, bixina e perfil de ácidos graxos dos alimentos da dieta72

LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura 1- Biossíntese dos carotenoides e suas possíveis transformações	19
Figura 2- Vista do urucuzeiro e seu fruto	19
Figura 3- Rota proposta da biossíntese da bixina a partir do licopeno.	20
Figura 4- Relação entre a ingestão de bixina e o índice de peróxido da carne congelada de ovinos que receberam dietas contendo bixina.	46
Figura 5- Relação entre a ingestão de bixina e SRAT na carne congelada de ovinos que receberam dietas contendo bixina.	47
Figura 6- Relação entre a ingestão de bixina e a concentração de colesterol total da carne congelada de ovinos que receberam dietas contendo bixina.	48

LISTA DE FIGURAS DO APÊNDICE

	Página
Figura 1A. 1 comportamento do ácido pentadecanóico no perfil de ácido graxo da carne de ovinos alimentados com diferentes níveis de bixina.	73
Figura 2A. 1 comportamento do ácido palmítico no perfil de ácido graxo da carne de ovinos	73
Figura 3A. 1 comportamento do ácido oleico no perfil de ácido graxo da carne de ovinos alimenta-	73
Figura 4A. 1 comportamento do ácidos saturados no perfil de ácido graxo da carne de ovinos alimenta-	74
Figura 5A. 1 comportamento do ácidos MUFA no perfil de ácido graxo da carne de ovinos alimenta-	74
Figura 6A. 1 Comportamento do ácido palmitoleico no perfil de ácido graxo da carne de ovinos alimentados com diferentes níveis de bixina.	74
Figura 7A. 1 Comportamento do ácido heptadecanóico no perfil de ácido graxo da carne de ovinos alimentados com diferentes níveis de bixina	75
Figura 8A. 1 Comportamento do ácido esteárico no perfil de ácido graxo da carne de ovinos alimentados com diferentes níveis de bixina	75

LISTA DE SIGLAS

- C14:0 – Ácido mirístico
- C15:0 – Ácido pentadecanóico
- C16:0 – Ácido palmítico
- C16:1 – Ácido palmitoleico
- C17:0 – Ácido heptadecanóico
- C18:0 – Ácido esteárico
- C18:1 – Ácido oleico
- C18:1 t11 – Ácido vacênico
- C18:2 c9, t11 – Ácido rumênico
- C18:2 – Ácido linoleico
- C18:3 – Ácido linolênico

LISTA DE ABREVIATURAS

- CLA – Ácido linoleico conjugado
EE – Extrato etéreo
EPM – Erro padrão da média
FDN – Fibra em detergente neutro
HDL – Lipoproteína de alta densidade
IP- Índice de Peróxido
LDL- Lipoproteína de baixa densidade
MDA- Malonaldeído
MM – Matéria mineral
MO – Matéria orgânica
MS – Matéria seca
MUFA – Ácidos graxos monoinsaturados
PB – Proteína bruta
PUFA – Ácidos graxos poli-insaturados
REC- Resíduo da extração do colorífico
SRAT - Substancia reativa ao ácido tiobarbitúrico
TBA- Ácido tiobarbitúrico

RESUMO

ROCHA, D. V. **Qualidade e estabilidade da carne de ovinos alimentados com dietas contendo bixina.** Garanhuns – PE: UFRPE/UAG, 2014. 75p. (Dissertação - Mestrado em Ciência Animal e Pastagens). *

Dada a pressão mercadológica por produtos benéficos à saúde humana, pesquisas têm sido realizadas na cadeia produtiva de ruminantes com a finalidade de atender tal demanda, uma vez que a carne e o leite desses animais apresentam potencial de danos. O objetivo do presente experimento foi avaliar o efeito da inclusão de bixina na dieta de ovinos sobre a estabilidade oxidativa, colesterol total e perfil de ácidos graxos da carne congelada. Foram utilizados 32 animais SPRD com peso de $23,17 \pm 1,45$ kg, distribuídos em blocos casualizados de acordo com o peso, alocados em baias individuais e submetidos aos seguintes tratamentos: (1) dieta sem inclusão de bixina, (2) dieta com 0,056 g/kg de bixina, (3) dieta com 0,113 g/kg e (4) dieta com 0,169 g/kg. A ingestão de bixina promoveu redução no índice de peróxido ($P < 0,05$) e na concentração de substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (SRAT), diminuindo em 450% a concentração de SRAT nos animais que receberam a dieta com maior inclusão (0,169 g/kg). A ingestão também promoveu alteração na concentração do colesterol da carne ($P < 0,05$), reduzindo em mais de 70% no maior nível de ingestão (0,169 g/kg), além de alterar o perfil de ácidos graxos, diminuindo a concentração do C15:0, C17:0, C16:1, C18:0 e dos ácidos graxos saturados totais. Os resultados permitem concluir que a ingestão de bixina pelos animais possibilitou a obtenção de carne com maior estabilidade oxidativa, o que lhe confere maior vida de prateleira, além de promover alterações desejáveis à sua composição.

*Orientador: Prof. Dr. Omer Cavalcanti Almeida (UAG/UFRPE) e Co-orientadores: Prof. Dr. Francisco Fernando Ramos de Carvalho (UFRPE), Prof. Dr. Dorgival Morais de Lima Júnior (UFAL).

ABSTRACT

ROCHA, D. V. **Quality and stability of meat from sheep fed diets containing bixin.**

Garanhuns – PE: UFRPE/UAG, 2014. 75p. (Master Dissertation in Animal Science and Pastures).*

The increased demand for products that benefit human health become a major source of research last year. The objective of this experiment was to evaluate the effect of inclusion of bixin (0.000, 0.056, 0.113 and 0.169 g / kg) in the diet of sheep upon the oxidative stability, total cholesterol and frozen meat fatty acid profile. A total of 32 SPRD animals with body weight of 23.17 ± 1.45 kg were distributed in randomized block according to the weight, allocated in individual pens and subject to the following treatments: (T1) diet without bixin, (T2) diet containing 0.056 g/kg bixin, (T3) 0.113 g/kg and (T4) 0.169 g/kg. The intake of bixin promoted reduction in peroxide value ($P < 0.05$) and the concentration of thiobarbituric acid reactive substances (TBARS), decreasing by 450% the concentration of TBARS when the animal ingested the greater inclusion (0.169 g / kg). The intake also promoted reduction in the concentration of meat cholesterol ($P < 0.05$) in more than 70% in the highest level of intake (0.169 g / kg) and changed its fatty acid profile, reducing the C15:0, C17:0, C16:1, C18:0 and the saturated fatty acids concentration. The results indicate that the use of bixin in the diet of sheep allowed to obtain meat with higher oxidative stability, promoting longer life and promotes desirable changes in its composition.

* Adviser: Omer Cavalcanti Almeida, D.Sc. (UAG/UFRPE) e Co-Adviser: Francisco Fernando Ramos de Carvalho, D.Sc. (UFRPE), Dorgival Morais de Lima Júnior, D.Sc. (UFAL).

I-INTRODUÇÃO GERAL

Nas últimas duas décadas a cadeia produtiva primária tem passado por grandes mudanças impostas por exigências mercadológicas relacionadas às questões de segurança alimentar e de saúde pública, impulsionadas principalmente a partir da criação da União Europeia. Inserida neste contexto, a cadeia produtiva de ruminantes também busca se adequar a esta nova realidade, já que está diretamente relacionada a alimentos com potencial para causar danos à saúde. O aumento exponencial do consumo de carne ovina no mercado mundial tem levado ao uso de técnicas mais racionais de criação, abate e comercialização que garantam o padrão de qualidade almejada pelo mercado consumidor.

Uma ferramenta promissora é a utilização de compostos capazes de garantir a qualidade do produto comercializado e que promovam alterações benéficas à saúde do consumidor. Dentre estas, os carotenoides estão em evidência, pois retardam o início dos processos oxidativos, preservando a qualidade da carne até sua chegada ao consumidor, além de agregar função nutracêutica a esta, tal como a redução dos riscos de doenças degenerativas e cardiovasculares.

Dentre os carotenoides, a bixina tem ganhado destaque devido à sua capacidade de retardar processos oxidativos, reduzir o colesterol sanguíneo e proteger o organismo contra doenças cardiovasculares e oncológicas, atividades decorrentes especialmente de sua capacidade de neutralizar radicais livres. Apesar das características promissoras, há escassez de estudos que avaliem a atividade promissora da bixina como ferramenta capaz de adequar a produção animal à nova demanda de mercado.

Portanto, dado a necessidade de adequação da cadeia produtiva de ruminantes à crescente demanda por alimentos menos perecíveis e com propriedades nutracêuticas,

aliadas às evidências de atividades promissoras da bixina, o presente estudo teve como objetivo avaliar a estabilidade oxidativa, concentração de colesterol e perfil de ácidos graxos da carne de ovinos ingerindo dietas com bixina.

II-REVISÃO DE LITERATURA

1-Potencial bioativo dos carotenoides

Os carotenoides constituem o mais importante grupo de pigmentos encontrados na natureza (Ötles e Çagindi, 2007), compreendendo mais de 700 integrantes distribuídos em bactérias, fungos, algas, insetos (Chaudhry, 2003) e nos cloroplastos e cromoplastos dos vegetais. Estruturalmente são caracterizados pela presença de uma cadeia poliênica conjugada composta apenas por carbono e hidrogênio, como carotenos e licopeno e também por oxigênio, como as xantofilas (Oliver e Palou, 2000). Com relação à funcionalidade, podem ser divididos em primários, que atuam diretamente no processo fotossintético, como o β -caroteno e a luteína e os secundários envolvidos no sistema de defesa, como o α -caroteno e o licopeno (Mattea et al., 2009).

A síntese dos carotenoides se inicia pela condensação de unidades de cinco carbonos, formando compostos com 10, 15 e 20 carbonos e, posteriormente, a união de duas unidades de 20 carbonos (dimerização) resultará no fitoeno (C40), primeiro componente da família dos carotenos. A partir de sucessivas transformações, serão sintetizados os demais carotenoides, conforme Figura 1. Apesar da elucidação da rota inicial de síntese desses pigmentos, algumas rotas subsequentes são desconhecidas, tais como a da bixina, que é o principal carotenoide do urucum (*Bixa orellana* L.; Figura 2).

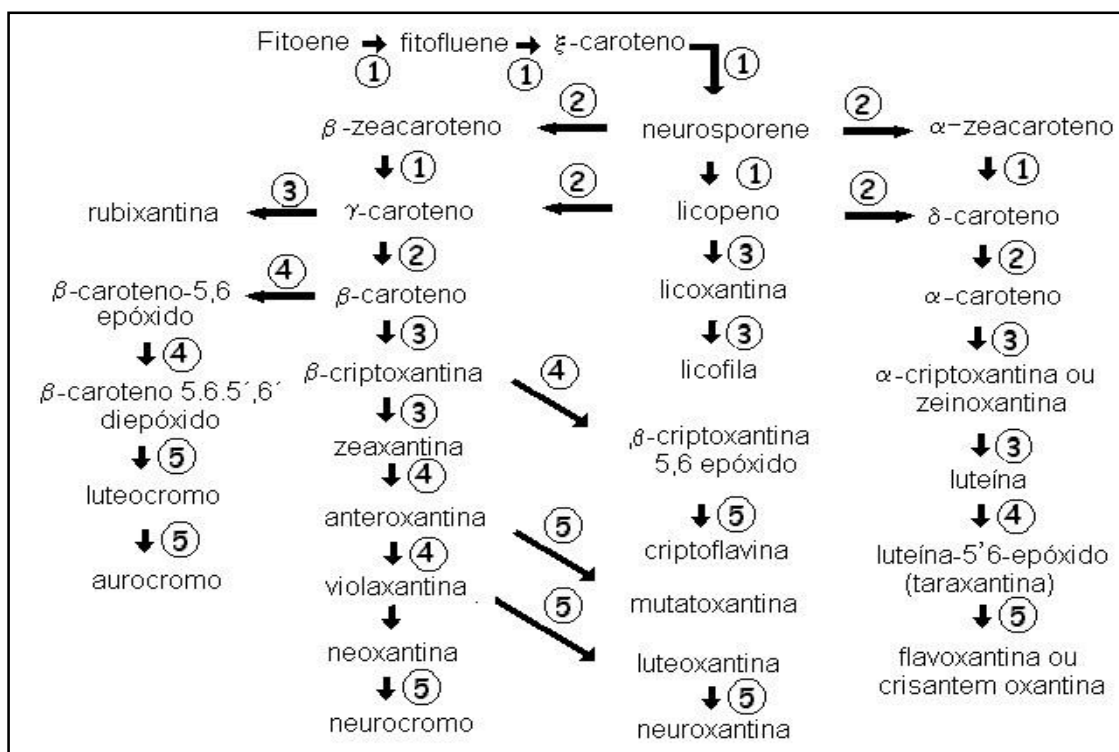


Figura 1- Biossíntese dos carotenoides e suas possíveis transformações. Onde: (1) desaturação, (2) ciclização, (3) hidroxilação, (4) epoxidação, (5) rearranjo epóxido-furanóxico. Fonte: Rodriguez-Amaya (2001).



Figura 2- Vista do urucuzeiro e seu fruto. Fonte: arquivo pessoal

A rota de síntese mais aceita atualmente é a proposta por Bouvier et al. (2003), a qual sugere que seja a partir de compostos C40, possivelmente o licopeno, devido à similaridade entre as estruturas, além do fato de serem encontrados traços de intermediários da degradação do licopeno nas sementes do urucum, conforme esquema na Figura 3.

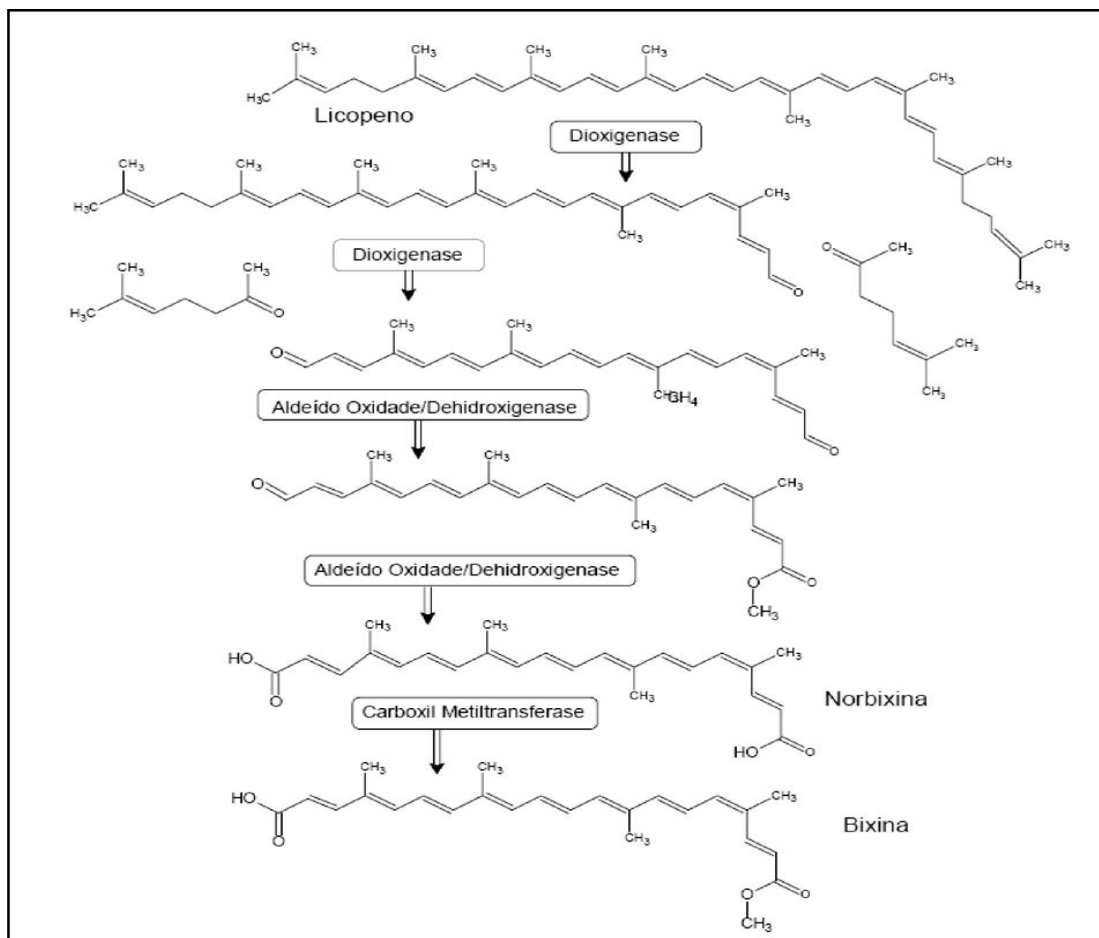


Figura 3- Rota proposta da biossíntese da bixina a partir do licopeno.

Dada a coloração vermelho intenso das sementes do urucuzeiro (Figura 1), seu extrato se constitui em uma das principais fontes de pigmentos do mundo, ocupando a segunda posição em importância econômica entre os corantes naturais, só sendo superado pelo caramelo (Mercadante et al., 1998). A ausência de efeitos sobre as características organolépticas dos alimentos e à saúde do consumidor permitiu a sua utilização nos mais variados ramos da indústria, especialmente na alimentícia e farmacêutica.

Inicialmente a utilização industrial do urucum foi meramente como colorífico, embora posteriormente foram verificadas diversas propriedades promissoras, tais como elevação da vida de prateleira, melhor preservação das características do produto, além de possibilitar a agregação de valor ao manufaturado por atribuir estas propriedades nutracêuticas, em especial aquelas ligadas à proteção contra os efeitos deletérios dos radicais livres (Sasaki et al., 2002; Sandi et al., 2003).

As propriedades protetoras conferidas pelo urucum estão diretamente ligadas à composição de carotenoides presentes em seu pigmento, em especial à bixina, que

representa mais de 80% do total (Satyanarayana et al., 2003), e por pequenas frações de outros carotenoides, como bixol e bixeína, além de alfa e beta carotenos (AMSAR, 2002; Taylor, 2002). O alto poder antioxidante da bixina é conferido especialmente pelas suas nove ligações conjugadas, as quais possibilitam a desativação do oxigênio singlete (Di Mascio et al., 1989) e os estados tripletes excitados (Montenegro et al., 2004) que apresentam alto poder oxidativo. Tal potencial foi ratificado pelo levantamento de Scotter (1995), que concluiu que a proteção oxidativa conferida pelo extrato de urucum foi superior àquela proporcionada pelos principais antioxidantes sintéticos utilizados atualmente pela indústria, o butilhidroxitolueno-BHT e o butilhidroxianisol-BHA, especialmente por proteger a desoxirribose de danos oxidativos e promover a neutralização de peróxidos.

Ao promover a atividade antioxidante, o urucum auxilia no combate de diversas patologias ligadas a danos causados pela ação dos radicais livres sobre o material genético celular, tais como o câncer, conforme foi observado por Kovaly et al. (2001), ao inocular norbixina (carotenoide oriundo da hidrólise da bixina) em culturas bacterianas, verificaram redução de até 87% da atividade mutagênica do peróxido de hidrogênio sobre seu DNA. Esse resultado pode ser ratificado por Antunes et al. (2005) que, ao adicionar bixina (1,0; 2,5; 5,0 e 10µg/mL) no meio de cultura de linfócitos humanos, verificou que este promoveu proteção do material genético de aberrações cromossômicas ocasionadas pelo peróxido de hidrogênio.

Achados promissores, relacionados ao perfil lipídico sanguíneo, também tem sido atribuído ao consumo da bixina, tais como os obtidos por Lima et al. (2001), ao induzirem coelhos à hiperlipidemia por meio de dietas ricas em colesterol, verificaram que os animais suplementados com bixina apresentaram maior redução do colesterol total e maiores níveis sanguíneos de lipoproteína de alta densidade (HDL), quando comparados àqueles suplementados com o carotenoide norbixina e o flavonoide quercetina. Similarmente, Paula et al. (2009) também observaram redução dos níveis de lipoproteína de baixa densidade (LDL), do colesterol total e elevação do HDL em ratos submetidos à dieta rica em colesterol (1% da MS) por 60 dias e suplementados com extrato de urucum.

Fora as potencialidades de utilização da bixina na prevenção e/ou tratamento de doenças ligadas ao metabolismo lipídico, resultados promissores foram constatados na cadeia produtiva animal, como os obtidos por Harder et al. (2007) que, ao fornecer dietas contendo urucum (0,5, 1,0, 1,5 a 2% na MS) a poedeiras, observaram redução da

concentração do colesterol na gema dos ovos, especialmente os tratamentos com 1,5 e 2,0%, que reduziram em mais de 60%.

Além de promover a inibição da síntese de colesterol, a propriedade antioxidante da bixina também atuaria inibindo a formação de placas de aterosclerose devido a sua atividade antioxidante inibir o aparecimento da LDL oxidada, forma de lipoproteína reativa que inicializa o processo de formação da placa no endotélio vascular (Lima et al., 2003)

Os benefícios à saúde promovidos pelo consumo de carotenoides foram também investigados por Albanes e Hartman (1999), os quais, ao revisarem dados epidemiológicos, observaram relação inversa entre o consumo de vegetais e frutas ricas em carotenoides e a incidência de casos de carcinomas de pulmão, esôfago, estômago, colo-retal, cervical e da garganta.

Portanto, a utilização do urucum tem se mostrado importante ferramenta na adequação da produção animal à nova demanda mercadológica, ao promover a inclusão de diversos princípios de interesse à saúde pública aos seus produtos, tais como atividade antioxidante, redução do colesterol sanguíneo e inibição de carcinomas, além de promover maior conservação dos produtos.

2. Antioxidantes

O termo “radicais livres” engloba espécies reativas do oxigênio e do nitrogênio molecular, são produzidos normalmente pelo organismo ou como resultado de estímulos externos, estando estreitamente relacionados à aceleração do envelhecimento, ao desenvolvimento de diabetes e cânceres. Por esta razão, esforços são direcionados à descoberta de mecanismos que neutralizem ou minimizem os efeitos nocivos destas moléculas, decorrentes da presença de elétrons desemparelhados em sua estrutura, característica que lhe confere alto poder reativo e que, quando não neutralizados por compartilhamento de elétrons, poderão reagir com estruturas e moléculas celulares e comprometer importantes processos biológicos (Halliwell e Gutteridge, 1999).

Compostos que possuem a capacidade de neutralizar essas formas reativas são denominados de agentes antioxidantes e são produzidos em pequenas quantidades por todos os organismos vivos e são capazes de atrasar ou inibir os processos oxidativos de maneira eficaz (Shami e Moreira, 2004), sendo classificados de acordo com o mecanismo de ação, como primários ou secundários. Os primários agem interrompendo a cadeia de

reação oxidativa por meio da doação de elétrons ou hidrogênio aos radicais livres, convertendo-os em produtos estáveis que irão reagir com radicais livres, formando o complexo lipídio-antioxidante que poderá reagir com outro radical livre (Ramalho e Jorge, 2006). Os secundários atuam através do retardamento da etapa de inicialização da autooxidação por distintos mecanismos, como a complexação com metais, sequestro de oxigênio, decomposição de hidroperóxidos para formar espécie não radical, absorção da radiação ultravioleta ou desativação o oxigênio singlete (Gordon,1990).

Apesar da existência de mecanismos endógenos de defesa contra radicais livres, a efetividade destes é limitada, não protegendo integralmente os componentes celulares. Portanto, faz-se necessária a complementação através de fontes exógenas, especialmente nos estados de elevado estresse oxidativo, tais como inflamações, poluição e radiações, que levam à elevação na síntese dessas formas reativas (Cerqueira et al., 2007).

Com o intuito de proteger os produtos industrializados dos processos oxidativos, garantindo a manutenção de suas qualidades organolépticas, a indústria tem utilizado diversos antioxidantes naturais e sintéticos. No entanto, para serem utilizados comercialmente, necessitam atender a requisitos, como: ser compatível com o substrato, não conferir odor ou sabor estranhos ao produto, ser efetivo durante o período de armazenamento do produto, ser estável ao processo de aquecimento e ser facilmente incorporado ao produto (Melo e Guerra, 2002). Dentre os antioxidantes sintéticos mais utilizados pela indústria alimentícia estão o TBHQ (butilhidroxiquinona terciária), o BHT e o BHA (Bozkurt, 2006). Estes compostos foram indiscriminadamente utilizados até a décadas de 70 e 80, quando percebeu-se que, em quantidades elevadas, poderiam predispor a câncer de pulmão e a danos hepáticos (Durán e Padilla, 1993). Iniciou-se então, a busca por compostos que promovessem proteção semelhante àquela conferida por estes produtos, mas que não apresentassem risco à saúde quando ingeridos.

3. Potencial protetor do antioxidante e qualidade de carne ovina

Uma das limitações do comércio da carne entre os grandes centros produtores e consumidores deve-se à ocorrência de situações que irão ocasionar prejuízos nas características organolépticas do produto, tais como descoloração do corte, exsudação excessiva e principalmente a presença do ranço, este último é caracterizado por odores e sabores peculiares que são gerados pela oxidação da fração lipídica do alimento

(Karabagias et al., 2011; Kim et al., 2012). Os processos oxidativos se constituem na principal causa da deterioração da fração lipídica da carne, e ocorre de forma espontânea como resultado do processo de fotoxidação, autoxidação e oxidação enzimática (Wójciak e Dolatowski, 2012). Tais reações promovem o aparecimento de compostos oxigenados responsáveis pelas alterações das características organolépticas do produto, além de compostos tóxicos como a acroleína, o malonaldeído (MDA) e os óxidos de colesterol (Garcia et al., 2002). Além do risco à saúde, o aparecimento desses compostos levará a depreciação nas qualidades organolépticas e na vida útil do produto, elevando perdas durante o processo de conservação, manipulação e comercialização.

A vida de prateleira da carne difere entre as espécies, sendo que, para a de ovinos, esse tempo esteja em torno de 10 dias. Portanto, para retardar esse processo, são utilizadas diversas técnicas, em especial o resfriamento e o congelamento que, apesar de retardar o processo oxidativo dos lipídeos, permite alteração nas características sensoriais, e por esta razão há necessidade de avaliação de técnicas que possibilitem a conservação satisfatoriamente por períodos superiores. A utilização de embalagens a vácuo é bastante difundida, no entanto, possibilitam alterações nas características visuais, como modificação da cor, o que tem afetado diretamente a aceitabilidade do produto (Gómez e Lorenzo, 2012).

Estudos indicam que a utilização de antioxidantes em produtos cárneos, ou diretamente na alimentação animal, pode proporcionar prolongamento na vida de prateleira, especialmente aqueles de origem natural que não ocasionem efeitos deletérios à saúde do consumidor, como os sintéticos (Laguerre et al., 2007). Além dos efeitos de prolongamento da vida de prateleira, alguns desses antioxidantes podem modificar o perfil da gordura depositado nos tecidos animais, favorecendo o acúmulo de ácidos graxos poli-insaturados, que são de interesse à saúde humana (Karami et al., 2011).

A utilização de óleos essenciais, tais como extratos oriundos de plantas, tem demonstrando alta eficiência na inibição do processo oxidativo da fração lipídica (Souza et al., 2007; Balestrin et al., 2008). Martínez-Tomé et al (2001), ao avaliarem a atividade antioxidante dos condimentos urucum, alecrim (*Rosmarinus officinalis*), páprica (*Capsicum annum*), cominho (*Cuminumcy minum*), orégano (*Origanum vulgare*) e açafraão (*Crocus sativus*), e de antioxidantes sintéticos, como o butilhidroxianisol (BHA), butilhidroxitolueno (BHT) e galato de propila, concluíram que os compostos naturais foram mais eficientes em inibir o processo do que os sintéticos.

No estudo realizado por Karabagias et al. (2011), que avaliou o efeito do óleo de tomilho (*Thymus vulgaris*) ou óleo de orégano (*Origanum vulgare*) sobre o aumento da vida de prateleira da carne ovina, foi observado que houve variação dos valores da substância reativa ao ácido tiobarbitúrico (SRAT) entre os tratamentos. Tendo como base a análise sensorial (odor) e a análise microbiológica, os autores observaram que a vida de prateleira da carne de cordeiro embalada aerobiamente foi de sete dias. Resultado semelhante foi obtido por Bañon et al. (2012), avaliando o extrato de alecrim (*Rosmarinus officinalis*) na preservação da estabilidade oxidativa da carne ovina, demonstrando que o tratamento foi eficiente ao aumentar a vida de prateleira, inibindo de maneira eficiente a oxidação lipídica e a formação do ranço.

Portanto, o fornecimento de carotenoides via dieta visando a preservação das características organolépticas e conferir potencial nutracêutico a produtos de origem animal tem se mostrado promissor na produção de carne (Wood et al., 2004) e leite.

4. Perfil de ácidos graxos na carne

Até a década 80 o consumo da carne de animais ruminantes foi visto como um dos principais responsáveis pelo aumento da ocorrência de doenças cardíacas e oncológicas em decorrência da elevada concentração de ácidos graxos saturados e trans (Baungard e Keating, 2007).

De acordo com Mahgoub et al. (2002), a composição dos ácidos graxos influencia diretamente na qualidade da carne e, quanto maior o grau de saturação, menor a qualidade nutricional da mesma. Todavia, essa composição ainda não apresenta valor significativo no mercado consumidor, quando comparada ao teor de gordura. O perfil de ácidos graxos na carne pode sofrer variações consideráveis entre animais, em especial, decorrente de raça e dieta, sendo possível também a obtenção de produto com perfil mais saudável através da seleção genética (Sãudo et al., 2000).

Dentre os inúmeros ácidos graxos presentes nos produtos de ruminantes, o ácido linoleico conjugado (CLA) tem sido o alvo de várias pesquisas em decorrência das suas propriedades anticarcinogênicas (Kuniyasu et al., 2006) que, inicialmente foi verificado por Ha et al. (1989).

Apesar desse grupo de ácido graxo ser de grande importância, o ser humano só consegue sintetizar endogenamente o isômero C18:2 c9, t11, a partir do ácido vacênico

(C18:1 t11), isômero também oriundo da ingestão da carne e leite de animais ruminantes (Schmid et al., 2006). Devido a elevada concentração de compostos benéficos à saúde, Bauman et al. (1999) classificam a carne de ruminantes como alimento funcional.

Embora seja uma fonte de compostos benéficos, a elevada concentração de ácidos graxos saturados podem ocasionar efeitos negativos quando consumido, como a elevação do LDL, redução nos níveis do HDL e aumento dos níveis de colesterol sanguíneo, como consequência da inibição na atividade de receptores da LDL (Grundy e Denke, 1990). De acordo com Moloney et al. (2001), os ácidos graxos saturados mais indesejáveis são o C16:0 e o C14:0, pois são responsáveis pela elevação da síntese de colesterol, favorecendo o acúmulo de LDL e, como consequência, maior risco de surgimento de doenças cardiovasculares.

Com a finalidade de minimizar tais efeitos negativos, Jenkins (1993) sugere que sejam realizadas intervenções para que seja viabilizado elevação daqueles de interesse, como os ácidos graxos insaturados, que favorecem a regulação das funções celulares, afim de possibilitar reversão dos efeitos negativos. Nos estudos realizados por Dhanda et al. (2003), foi verificado que animais mais velhos apresentaram menores concentrações de ácido palmítico (22%) em comparação com aqueles com menor idade (35%). Segundo Díaz et al. (2002), essa diminuição ocorre naturalmente devido ao aumento da maturidade fisiológica dos ruminantes, acarretando assim a redução dos níveis de ácidos graxos saturados no músculo, devido à elevação da atividade da Δ^9 -desaturase, enzima responsável pela síntese de boa parte dos ácidos graxos cis-9 presente no leite e nas carnes desses animais.

CITAÇÃO BIBLIOGRÁFICA

Albanes, D., Hartman, T. J. Antioxidants and Cancer: Evidence from Human Observational Studies and Intervention Trials in Antioxidant Status. Diet. Nutrition and Health (Papas A. M Ed.) 497-511, 1999.

AMSAR PRIVATE LIMITED - Natural Colors & Vegetable Dyes. Disponível em <<http://www.amsar.com/annatto.html>>, consultado em 12 out 2013.

Antunes, L. M. G., Pascoal, L. M., Biachi, M. de L. P, Dias, F. L., 2005. Evaluation of the clastogenicity and anticlastogenicity of the carotenoid bixin in human lymphocyte cultures. Mutat Res., 585, 113-119

Bañón, S., Méndez, L., Almela, E., 2012. Effects of dietary rosemary extract on lamb

- Bauman, D. E., Baumgard, L. H., Corl, B. A., Griinari, J. M., 1999. Biosynthesis of conjugated linoleic acid in ruminants. In: Proceedings of the American Society of Animal Science.
- Baumgard, L.H., Keating, A. F., 2007. Facts and myths about the effects of Milk fatty acids on human health. In: Four-State Dairy Nutrition and Management Conference. Proceedings of... Dubuque, 59-63.
- Bouvier, F., Dogbo, O., Camara, B., 2003. Biosynthesis of the food and cosmetic plant pigment bixin (Annatto). *Science*, 300, 2089-2091.
- Bozkurt, H., 2006. Utilization of natural antioxidants: Green tea extract and Thymbraspicata oil in Turkish dry-fermented sausage. *MeatSci.*, 73, 442-450.
- Cerqueira, F.M., Medeiros, M.H., Augusto, O., 2007. Dietetic antioxidants: controversies and perspectives. *Quím Nova*, 30, 441-449.
- Chaudhry, Y., 2003. Carotenoids- Natural Food Colors and Health Benefits- Symposium 12- Interaction of Natural Colors with Other Ingredients.
- Dhanda, J. S., Taylor, D. G., Murray, P. J., 2003. Carcass composition and fatty acid profiles of adipose tissue of male goats: effects of genotype and liveweight at slaughter. *Small Rum. Res.*, 50, 67-743.
- Di Mascio, P. D., Kaiser, S., Sies, H., 1989. Lycopene as the most efficient biological carotenoid singlet oxygen quencher. *Arch. Biochem. Biophys.*, 274, 532-538.
- Díaz, M.T., Velasco, S., Cañeque, V., Lauzurica, S., Ruiz de Huidobro, F., Pérez, C., González, J., Manzanares, C., 2002. Use of concentrate or pasture for fattening lambs and its effect on carcass and meat quality. *Small Rum. Res.*, 43, 257-268.
- Durán, R. M., Padilla, R. B., 1993. Actividad antioxidante de los compuestos fenólicos. *Grasas y Aceites*, Sevilla, 44, 101-106.
- Garcia, C.E. R., Bolognesi, V. J., Dias, J. F. G., 2002. Antioxidantes utilizados na indústria cárnea: quais são os aditivos inibidores da rancidez nos produtos cárneos. *Ver. Nac. Carne*, 26, 36-51.
- Gómez, M., Lorenzo, J.M., 2012. Shelf life of fresh foal meat under MAP, overwrap and vacuum packaging conditions. *Meat Sci.* 92,610-618.
- Gordon, M. H., 1990. The mechanism of antioxidant action in vitro, In: Hudson, B. J. F. (Ed.), *Elsev. Appl. Sci.*: London, 1-18.
- Grundy, S.M. Denke, M. A., 1990. Dietary influences on serum lipids. *J. Lip. Res.*, 31, 1149-1172.
- Ha, Y. L., Grimm, N. K., Pariza, M. W., 1989. Newly recognized anticarcinogenic fatty acid: identification and quantification in natural and processed cheeses. *J Agric Food Chem.* 37, 75-8.

- Halliwell, B., Gutteridge, J. M. C., 1999. Free radicals in biology and medicine, University Press, Oxford, UK.
- Harder, M. N. C., Canniatti-Brazaca, S. G., Coelho, A. A., Savino, V. J. M., Franco, C. F. O., 2007. Cholesterol and iron availability in yolk of laying hens feed with annatto (*Bixa orellana*). *Animal*, 1, 477-482.
- Jako, C., Coutu, C., Roewer, I., Reed, D. W., Pelcher, L.E., Covello, P. S., 2002. Probing Carotenoid Biosíntese in Developing Deed Coats of *Bixa orellana* (Bixaceae) Through Expressed Sequence Tag Analysis. *Plant Sci.*, 163, 141-145.
- Jenkins, T.C., 1993. Lipid metabolism in the rúmen. *J. Dairy Sc.*, 76, 3851-3863.
- Kamari, Y., Shaish, A., Vax, E., Shemesh, S., Kandel-Kfir, M., Arbel, Y., Olteanu, S., Barshack, I., Dotan, S., Voronov, E., Dinarello, C. A., Apte, R. N., Harats, D., 2011. Lack of interleukin-1alpha or interleukin-1beta inhibits transformation of steatosis to steatohepatitis and liver fibrosis in hypercholesterolemic mice. *J. Hepatol.*55, 1086–1094.
- Kanatt, S. R., Chander, R., Sharma, A., 2007. Antioxidant potential of mint (*Menthaspicata* L.) in radiation-processed lamb meat. *Food Chem.* 100, 451-458.
- Karabagias, I., Badeka, A., Kontominas, M.G., 2011. Shelf life extension of lamb meat using thyme or oregano essential oils and modified atmosphere packaging. *Meat Sci.*, 88, 109-116.
- Kim, Y. H. B., Bødker, S., Rosenvold, K., 2012. Influence of lamb age and high-oxygen modified atmosphere packaging on protein polymerization of longterm aged lamb loins. *Food Chem.*, 135,122-126.
- Kovary, K., Louvain, T.S., Costa e Silva, M. C., Albano, F., Pires, B.B., Laranja, G. A.,Lage, C. L., Felzenszwalb, I., 2001. Biochemical behaviour of norbixin during in vitro DNA damage induced by reactive oxygen species. *Br. J. Nutr.*, 85, 431-440.
- Kuniyasu, H.K., Yoshida, K., Sasaki, T., Sasahira, T., Fujii, K., Ohmori, H., 2006. Conjugated linoleic acid inhibits peritoneal metastasis in human gastrointestinal cancer cells. *Int. J. Cancer*, 18, 571-6.
- Laguerre, M., Lecomte, J., Villeneuve, P., 2007. Evaluation of the ability of antioxidants to counteract lipid oxidation: existing methods, new trends and challenges. *Prog. Lipid Res.*, 46, 244-282.
- Lima, L. R. P., Oliveira, T. T., Oliveira, M.G.A, Nagem, T. J, Pinto, A. S, Stringheta, P.C., Tinoco, A. L. A., Silva, J. F., 2001. Bixina, norbixina e quercetina e seus efeitos no metabolismo lipídico de coelhos. *Braz. J. Veter.*, 38.
- Lima, L. R. P., Oliveira, T. T., Nagen, T. J., Pinto, A S., Lima, E. Q., Silva, J. F., 2003. Toxidade Aguda de Rutina e de *Bixa orellana*. *Acta Farm. Bonaerense*, 22, 21-26.
- Mahgoub, O., Khan, A. J., Al-maqbaly, R.S., Al-Sabahib, J. N.,Annamalaia, K., Al-Sakrya, N.M., , 2002. Fatty acid composition of muscle and fat tissues of Omán Jebel Akhdar goats of different sexes and weights. *MeatSci.*, 61, 38-387.

- Martínez-tomé, M., Jiménez, A.M., Ruggieri, S., Frega, N., Strabbioli, R., Murcia, M. A., 2001. Antioxidant properties of mediterranean spices compared with common food additives. *J. Food Prot.*, 64, 1412-1419.
- Mattea, F., Martín, A., Cocero, M. J., 2009. Carotenoid processing with supercritical fluids. *J. Food Engin.*, 93, n. 1, p. 255-265.
- Melo, E. A., Guerra, N. B., 2002. Ação antioxidante de compostos fenólicos naturalmente presentes em alimentos. *Boletim SBCTA, Campinas*, v. 36, n. 1, p. 1-11.
- Mercadante, A. Z., Pfander, H., 1998. Carotenoids from annatto: A review. *Recent. Food Chem.*, 2, 79-91.
- Moloney, A. P., Mooney, M.T.; Kerry, J.P., Troy, D. J., 2001. Producing tender and flavor some beef with enhanced nutritional characteristics. *Proc. Nutr. Soc.*, 60, 221-229.
- Montenegro, M. A., Rios, A. O., Mercadante, A. Z., Nazareno, M. A., Barsarelli, C. D., 2004. Model studies on the photosensitized isomerization of bixin. *J. Agric. Food Chem.*, 52, 367-373.
- Oliver, J., Palou, A., 2000. Chromatographic determination of carotenoids in foods. *J. Chromatogr. A*, 881, 543-555.
- Ötles, S., Çagindi, Ö. 2007. Carotenoids as natural colorants. In: SOCACIU, C. *Food colorants: Chem. Function properties*. Washington, 51-70.
- Paula, H., Pedrosa, L. M., Rossoni Júnior, J. V., Haraguchi, K. Santos, R. C., Silva, M. E., 2009. Effect of an Aqueous Extract of Annatto (*Bixa orellana*) Seeds on Lipid Profile and Biochemical Markers of Renal and Hepatic Function in Hipercholesterolemic Rats. *Braz. Arch. Biolog. Technol.*, 52, 1373-1378.
- Ramalho, V. C., Jorge, N., 2006. Antioxidantes utilizados em óleos, gorduras e alimentos gordurosos. *Quim. Nova*, 29, 755-760.
- Rodriguez-amaya, D. B., 2001. *A Guide to Carotenoid Analysis in Food*, OMNI Research, ILSI Human Nutritional Institute, Washington, 64 p.
- Sandi, M. P., Cuen, Bacerra, Rosalba, 2003. Biodiversitas. El Achiote, *Boletín Bimest. Com. Nac. Conocimiento y Uso de la Biodiver.*, 46, 7-11.
- Sañudo, C. Enser, M.E. Campo, M.M., Nute, G.R., María, G., Sierra, I., Wood, J.D., 2000. Fatty acid composition and sensory characteristics of lamb carcasses from Britain and Spain. *Meat Sci.*, 54, 339-346.
- Sasaki, Y. F., Kawaguchi, S., Kamaya, A., Ohshita, M., Kabasawa, K., Iwama, K., Taniguchi, K., Tsuda, S., 2002. The comet assay with 8 mouse organs: results with 39 currently used food additives. *Mutat Res.*, 26, 103-19.
- Satyanarayana, A., Rao, P. G. P.; Rao, D. G., 2003. Chemistry, processing and toxicology of annatto (*Bixa orellana* L.). *J. Food Sci. Technol.*, 40, 131-141.

- Schimid, A.; Collomb, M.; Sieber, R., Bee, G., 2006. Conjugated linoleic acid in meat and meat products: a review. *Meat Sci.*, 73, 29-41.
- Scotter, M. J., 1995. Characterization of the Coloured Thermal Degradation Products of Bixin from Annatto and a Revised Mechanism for their Formation. *Food Chemistry*, 53, 177-185.
- Shami, N. I., Moreira, E. A. M. 2004. Licopeno como agente antioxidante. *Rev Nutr.* 17, 227-236.
- Shirahigue, L. D., Plata-oviedo, M., Alencar, S. M., D'arce, M. P. B. R., Vieira, T. M. F. S., Oldoni, T. L. C., Contreras-Castillo, C. J., 2010. Wine industry residue as antioxidant in cooked chicken meat. *Int. J. Food Sci. Technol.*, 45, 863-870.
- Souza, T. J. T., Apel, M.A., Bordignon, S., Matzenbacher, N.I., Zuanazzi, J.A.S., Henriques, A.T., 2007. Composição química e atividade antioxidante do óleo volátil de *Eupatorium polystachyum* DC. *Ver. Bras. Farmacogn.* 17, 368-372,
- Taylor, L *Herbal Secrets of the Forest*, 2 ed. Sage Press, Inc., 2002. apud RAIN TREE NUTRITION - Tropical Plant Data Base-Annatto (*Bixa orellana* L.) disponível em <<http://www.rain-tree.com/annato.htm#.UuXoUtJTvIU>>. Acessado em 02/10/2013.
- Wojciak, K. M., Dolatowski, Z. J., 2012. Oxidative stability of fermented meat products. *Acta Sci. Pol. Technol. Aliment.*, 11, 99-109.
- Wood, J.D., Richardson, R.I., Nute, G.R., Fisher, A.V., Campo, M.M., Kasapidou, E., Sheard, P.R., Enser, M., 2004. Effects of fatty acids on meat quality: a review. *Meat Sci.*, 66, 21-32.

III-CAPÍTULO I

A BIXINA NA DIETA DE OVINOS MELHORA A ESTABILIDADE OXIDATIVA E A COMPOSIÇÃO DA CARNE

(Normas da Revista Animal Feed Science and Technology)

RESUMO

A bixina na dieta de ovinos melhora a estabilidade oxidativa e a composição da carne

O fornecimento de carotenoides na dieta animal pode trazer benefícios à saúde humana, pois inibem processos oxidativos e alteram a concentração de colesterol e o perfil de ácidos graxos na carne. O objetivo do presente experimento foi avaliar a estabilidade oxidativa, colesterol total e perfil de ácidos graxos da carne congelada de ovinos que receberam dietas contendo bixina (0,0; 0,056; 0,113 e 0,169 g/kg). Foram utilizados 32 ovinos SPRD com peso de $23,17 \pm 1,45$ kg, distribuídos em blocos casualizados alocados em baias individuais submetidos aos seguintes tratamentos: (1) dieta sem inclusão de bixina, (2) dieta com 0,056 g/kg de bixina, (3) dieta com 0,113 g/kg e (4) dieta com 0,169 g/kg. Os resultados permitem verificar que a ingestão de bixina promoveu redução no índice de peróxido ($P < 0,05$) e na concentração de substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (SRAT), reduzindo em 450% a concentração de SRAT quando o animal ingeriu a maior o maior nível (0,169 g/kg). A ingestão de bixina também promoveu alteração na concentração de colesterol da carne, reduzindo em mais de 70% na carne dos animais que receberam o maior nível (0,169 g/kg). O carotenoide também promoveu alteração no perfil de ácidos graxos da carne, diminuindo a concentração dos ácidos graxos C15:0 e C17:0, do C16:1 e do C18:0 de forma linear e o total de ácidos graxos saturados. Os resultados indicam que a utilização de bixina na dieta dos ovinos possibilitou a obtenção de carne com maior estabilidade oxidativa e, portanto, com maior vida útil, além de promover alterações desejáveis na sua composição, as quais são capazes de atender às demandas do mercado consumidor por produtos que promovam a saúde e bem-estar.

Palavras – Chaves: Ácidos graxos, antioxidantes, bixina, colesterol, oxidação lipídica.

ABSTRACT

The bixin in the diet of sheep improves oxidative stability and composition of meat

The supply of carotenoids in animal diets can bring benefits to human health, because they inhibit oxidative processes and alter the concentration of cholesterol and fatty acid profile of the meat. The objective of this experiment was to evaluate the oxidative stability, total cholesterol and fatty acid profile of the frozen meat of sheep fed diets containing bixin (0.0, 0.056, 0.113 and 0.169 g / kg). Were used 32 sheep SPRD weighing 23.17 ± 1.45 kg, distributed in randomized blocks allocated to individual pens of the following treatments: (1) diet without inclusion of bixin, (2) diet with 0.056 g/kg of bixin, (3) diet with 0.113 g/kg and (4) diet with 0.169 g/kg. The results, show that the intake of bixin promoted reduction in peroxide value ($P < 0.05$) and the concentration of thiobarbituric acid reactive substances (TBARS), reducing by 450% the concentration of TBARS when the animal ingested the largest the highest level (0.169 g/kg). The intake of bixin also promoted change in the concentration of cholesterol in meat, reducing by more than 70% in the flesh of animals that received the highest level (0.169 g/kg). The carotenoid also promoted change in the meat fatty acid profile, decreasing the C15:0, C17:0, C16:1, C18:0 and total saturated fatty acids concentration. The results indicate that the use of bixin in the diet of sheep allowed obtaining meat with higher oxidative stability and promoted desirable changes in fatty acids profile.

Keywords: Antioxidants, bixin, cholesterol, fatty acids, lipid oxidation.

1-Introdução

O consumo mundial de alimentos cárneos aumentou muito nas últimas décadas, e há indicativos de que continuará crescendo vigorosamente até 2020 (MAPA, 2010). Paralelo ao aumento do consumo, a exigência por parte do consumidor por alimentos que proporcionem benéficos à saúde tem pressionado a cadeia de produção animal a buscar técnicas que atendam a essa nova demanda. As alterações das características organolépticas de cárneos são decorrentes especialmente de reações oxidativas a que a que são submetidas sua fração lipídica, sendo portanto, o fator primário responsável pela rejeição do consumidor, já que promovem alterações na coloração, sabor e qualidade nutricional do produto (Karabagias et al. 2011). Para evitar tais efeitos, a cadeia de produção tem se munido de diversas técnicas, em especial o congelamento, visto que esse retarda a velocidade da reação oxidativa (Lima Júnior et al., 2013), além de empregar antioxidantes sintéticos (Melo e Guerra, 2002). Todavia, a utilização de tais compostos está associada à elevação da incidência de doenças degenerativas e cânceres (Durán e Padilla, 1993). Por essa razão, a indústria tem buscado alternativas eficientes que não ocasionem tais efeitos colaterais (Laguerre et al., 2007).

Vários compostos naturais apresentam potencial antioxidante, os quais podem propiciar elevação da vida de prateleira destes produtos (Kamari et al. 2011). Dentre os compostos promissores, os carotenoides, utilizados atualmente como pigmento, apresentam atividade protetora e vem chamando atenção (Ahn et al., 2002), pois além de não apresentar riscos à saúde do consumidor, podem conferir atividades nutracêuticas ao produto.

Portanto, a presente pesquisa teve como objetivo avaliar a estabilidade oxidativa e a qualidade da carne congelada de ovinos ingerindo dietas contendo bixina.

2-Material e Métodos

2.1 Animais e tratamentos

O experimento foi realizado em duas etapas, a primeira relacionada ao experimento de nutrição, desempenho, e característica da carcaça dos ovinos, no Departamento de Zootecnia da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), Recife (PE), Brasil e a segunda, com o intuito de avaliar a qualidade e composição da carne, foi realizada na Unidade Acadêmica de Garanhuns da UFRPE, Garanhuns (PE), Brasil.

Foram utilizados 32 ovinos machos inteiros sem padrão racial definido, com peso vivo inicial de $23,17 \pm 1,45$ kg e idade média de 8 meses, alocados em baias individuais e distribuídos em blocos casualizados de acordo com o peso. Os tratamentos foram: sem inclusão de bixina (controle ou T₁), com 0,056 (T₂), com 0,0113 (T₃) e com 0,169 (T₄) g/kg de bixina, com base na matéria seca da dieta. A fonte de bixina utilizada foi o resíduo da extração do colorífico (REC), que apresentou concentração de 5,65 mg/g de bixina (Laboratório de Nutrição Animal/UAG-UFRPE, 2013).

O período experimental foi de 78 dias, dos quais 20 foram de adaptação e as rações foram compostas por 45% de concentrado e 55% de volumoso (com base na MS), elaboradas conforme preconiza o NRC (2007) (Tabelas 1 e 2).

Tabela 1. Composição química dos ingredientes das dietas experimentais.

Ingrediente	Composição Química								
	MS ¹	MM ²	EE ²	PB ²	FDN ²	FDA ²	CHOT ²	CNF ²	NDT ³
Tifton 85, feno	874,6	60,6	17,2	71,5	765,6	422,2	850,7	85,1	510,0
REC ⁵	832,3	63,2	89,3	145,5	451,0	201,8	710,1	259,1	646,0
Soja, farelo	887,9	61,6	18,2	478,1	161,2	41,3	442,1	280,9	820,0
Milho, grão	872,9	16,5	53,4	87,8	144,0	41,3	786,7	642,7	850,2
Ureia	99,9			2620,0 ⁴					
Mistura mineral	99,9	99,9							

¹ g/kg de matéria natural; ² g/kg de matéria seca; ³ Nutrientes digestíveis totais estimados; ⁴ Equivalente proteico; ⁵ Resíduo da extração do colorífico (REC)

Tabela 2. Proporção dos ingredientes e composição química (g/kg) das dietas experimentais.

Ingredientes	Tratamentos (níveis de bixina g/kg)			
	0	0,056	0,113	0,169
Tifton 85, feno	550	550	550	550
Milho, grão	300	222	128	41
Soja, farelo	130	108	102	89
REC ⁵	0	100	200	300
Ureia	10	10	10	10
Sal mineral	10	10	10	10
Total	1000	1000	1000	1000
Composição Química				
MS1	882,5	876,7	870,9	865,2
Bixina ²	0,0	0,056	0,113	0,169
PB2	154,0	151,2	154,6	155,3
EE2	27,8	32,2	36,0	40,0
FDN2	485,2	515,5	546,1	576,6

¹ g/kg de matéria natural; ² g/kg de matéria seca; ³ Resíduo da extração do colorífico (REC)

O perfil de ácidos graxos dos alimentos, a concentração de bixina das dietas e a composição química da carne dos ovinos estão expostos nas Tabelas 3 e 4.

Tabela 3. Perfil de ácidos graxos dos principais ingredientes da dieta.

Itens	Alimentos		
	Milho	REC ¹	Feno de tifton
Ácidos graxos (mg/100g de ácidos graxos)			
C14:0 (Ácido mirístico)	2,80	2,55	5,47
C16:0 (Ácido palmítico)	12,30	12,75	7,99
C16:1 (Ácido palmitoleico)	1,11	0,93	1,06
C18:0 (Ácido esteárico)	11,43	9,32	2,95
C18:1 (Ácido oleico)	13,29	18,21	13,59
C18:2 (Ácido linoleico)	14,58	18,97	17,49
C18:3 (Ácido linolênico)	0,19	0,16	0,22
Outros	24,93	32,22	32,56

¹ Resíduo da extração do colorífico (REC)

Tabela 4. Composição química da carne dos ovinos que receberam dietas contendo bixina.

Composição Química	Tratamentos (níveis de bixina g/kg)			
	0,000	0,056	0,113	0,169
MS ¹	520,7	536,6	541,4	508,6
Bixina ²	0,0	0,048	0,109	0,164
PB ²	517,3	502,0	466,9	487,6
EE ²	42,0	42,0	45,42	43,4

¹ g/kg de matéria natural; ² g/kg de matéria seca.

2.2 Amostragens

Ao término do período experimental os animais foram submetidos a jejum de sólidos por 16 horas, abatidos segundo a Instrução Normativa nº3 do MAPA (Brasil, 2000), momento em que foram tomadas as medidas e o peso da carcaça quente, sendo colocadas na câmara fria sob temperatura média de 4°C por 24 horas. Em seguida, a cauda foi retirada e foi realizada a divisão sagital das carcaças. As meias carcaças esquerdas foram seccionadas em seis regiões anatômicas, conforme metodologia adaptada de Cezar e Sousa (2007). Os lombos, obtidos entre a 1ª e 6ª vértebras lombares, foram embalados a vácuo e congelados, sendo posteriormente enviados à Unidade Acadêmica de Garanhuns/UFRPE. Uma amostra de cerca de 100g do lombo de cada animal foi retirada transversalmente, desossada e moída em processador de alimentos Philips Walita Mix (RI1364) e mantida em freezer a -18 ± 2 °C até a realização das análises.

2.3 Análises laboratoriais

As análises de qualidade e composição da carne foram realizadas nas dependências dos Laboratórios de Nutrição Animal (LANA) e da Central de Laboratórios de Garanhuns (CENLAG) da Universidade Federal Rural de Pernambuco/ Unidade Acadêmica de

Garanhuns. Para a realização das análises, as amostras foram previamente descongeladas em refrigerador a $4 \pm 0,5$ °C por 48 horas.

2.3.1 Composições da Carne

As amostras foram analisadas para determinação dos teores de matéria seca (MS), proteína bruta (PB) segundo as recomendações AOAC (1990). A determinação do extrato etéreo (EE) foi realizada segundo protocolo AOCS Am 5-04 (2009), em sistema de extração automática utilizando éter a alta temperatura e pressão (ANKOM XT15 Extractor, ANKOM Technology, Macedon, USA).

2.3.2 Quantificações de Bixina

A quantificação da bixina no resíduo e na carne foi realizada segundo Castro et al. (2011). Uma alíquota de $2,0 \pm 0,1$ g da amostra (resíduo / carne) foi pesada em béquer com capacidade de 50 mL, foram adicionados 10 mL de acetona e o conteúdo foi homogeneizado em agitador mecânico por 30 segundos. A barra de agitação foi removida e lavada com 5 mL de acetona e o extrato foi colocado em banho ultrassônico por 5 min. O conteúdo do béquer foi colocado em tubo Falcon de 50 mL e centrifugado por 10 minutos a 3000 rpm. A fase líquida foi transferida para um funil de separação de 250 mL, contendo 0,5 mL de água destilada e 100 mL da solução de acetato de etila / éter etílico (1:1, v / v). O conteúdo do funil foi lavado com água destilada até a completa remoção da acetona. Em seguida o homogeneizado foi filtrado em funil de vidro provido com papel de filtro e sulfato de sódio anidro (com o intuito de reter resíduos sólidos e a água residual), e a fase apolar (acetato de etila / éter etílico mais a fração lipídica) foi recolhida

em béquer com capacidade de 125 mL. Posteriormente o conteúdo do béquer foi submetido a nitrogênio gasoso em banho-maria a 35 °C até a completa evaporação dos solventes e, posteriormente, diluído com 10 mL de diclorometano, sendo então transferido para tubos de 20 mL para posterior leitura em espectrofotômetro (SP-22 Biospectro) munido de filtro para o comprimento de onda de 468 nm, segundo protocolo proposto por Lara (1984).

A concentração de bixina foi calculada em mg/g, com o coeficiente de absorção de 2826, segundo protocolo da FAO/WHO (1982), de acordo com as seguintes equações:

$$E_{1\text{ cm}}^{1\%} = \frac{A}{2.826} \times \frac{100000}{P.A} \times 100$$

Onde:

A: absorvância medida a 468 nm;

P.A: peso da amostra

Após calculado o coeficiente de absorção, o valor foi aplicado na equação abaixo para a quantificação da bixina:

$$C = \frac{Abs. \times 10^4}{E_{1\text{ cm}}^{1\%}}$$

Onde:

C: teor de bixina (mg / g);

Abs: absorvância a 468 nm;

$E_{1\text{ cm}}^{1\%}$: coeficiente de absorção

2.3.3 Índices de Peróxido (IP)

A determinação do IP é uma ferramenta utilizados para quantificar a formação de peróxidos, compostos primários resultantes da oxidação lipídica que apresentam baixa estabilidade decompõem-se em produtos intermediários como, aldeídos, cetonas, álcoois e hidrocarbonetos (Souza, 2008).

O índice de peróxido foi determinado segundo o protocolo proposto por OAC (1990) com modificações: inicialmente procedeu-se a padronização do tiosulfato de sódio com iodato de potássio (KIO_3) a 0,01N; em seguida foi pesado 0,15g de iodato de potássio (previamente dessecado em estufa a 150 °C por 2h) em Erlenmeyer de 250 mL e acrescentou-se 25 mL de água destilada, 2g de KI, agitando-se até a completa dissolução. Em seguida foram adicionados 10mL de HCl a 1M e imediatamente titulado com a solução de tiosulfato de sódio até apresentar a coloração amarela fraca. Nesse momento adicionou-se 2 mL da solução de amido a 1% (ocasionando a mudança da cor para roxo escura) e titulou-se até a cor amarela pálida. Para aferir a molaridade da solução de tiosulfato de sódio a 0,01N foi considerado o volume total do tiosulfato de sódio utilizado.

As modificações consistiram da extração da fração lipídica da amostra seguindo protocolo proposto por Folch et al. (1957), com as modificações sugeridas por Almeida et al. (2013), conforme a seguir:

Uma alíquota de 20g de carne foi colocada em tubos Falcon com capacidade de 50 mL e adicionado 20 mL da solução de clorofórmio e metanol (2:1), deixando-se em descanso por 30 minutos ao abrigo da luz. Em seguida o conteúdo foi homogeneizado com um micro triturador por 1,5 minutos, e transferido para outro tubo Falcon de 50 mL utilizando-se um funil de vidro provido de papel qualitativo. Após a completa filtragem, o resíduo retido no filtro foi lavado com 10 mL da solução de clorofórmio: metanol (2:1).

Após o recolhimento do filtrado no tubo Falcon, foram adicionados 5 mL da solução de NaCl a 1,5%, com o intuito de separar as fases polar e apolar. O tubo Falcon foi centrifugado a 2400 rpm por 20 minutos e a fração apolar foi transferida para Erlenmeyer de 250 mL e submetido ao fluxo de nitrogênio gasoso em banho-maria a 50 °C até a completa evaporação dos solventes. Posteriormente, foram adicionados 25 mL de solução de ácido acético: clorofórmio (2:1) e homogeneizado em agitador mecânico, seguido da adição de 1 mL de solução saturada de KI e deixada em repouso por 5 minutos, com agitação ocasional. Após este período, foram adicionados 10 mL de água destilada e realizada a titulação com Na₂S₂O₃ 0,01N sob vigorosa agitação, até a cor amarela quase desaparecer, então adicionou-se 1 mL de solução de amido indicador a 1% e continuou a titulação, sob agitação vigorosa, até o desaparecimento da coloração escura. Para determinar possíveis contaminações, um teste branco (só com os reagentes) foi realizado.

Para o cálculo do índice de peróxido (em mEq de peróxidos 1000 g⁻¹ de amostra), os valores obtidos foram aplicados na equação abaixo.

$$IP = \frac{S \times N \times 1000}{g \text{ da amostra}}$$

Sendo:

S = volume de tiosulfato de sódio gasto na titulação da amostra;

N = normalidade da solução de Na₂S₂O₃.

2.3.4 Substâncias Reativas ao Ácido Tiobarbitúrico (SRAT)

A quantificação das substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico foi utilizada para avaliar o índice de oxidação dos lipídeos através da quantificação do malonaldeído (MDA), um dos principais composto formados durante o processo oxidativo. A

determinação das substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico foi realizada segundo a metodologia de Pfalzgraf et al. (1995).

Inicialmente uma alíquota de $20 \pm 0,1$ g de carne foi colocada em tubo Falcon de 50 mL, adicionado 20 mL de ácido tricloroacético e homogeneizado em mixer por 2 minutos. Em seguida o extrato foi centrifugado a 4.000 rpm por 30 minutos e o homogeneizado filtrado. Após isso, 2,0 mL do filtrado foi colocado em tubos de ensaio de 15 ml e adicionados 2,0 mL do ácido 2-tiobarbiturico (TBA). Os tubos foram agitados em vortex e colocados em banho-maria a 97 °C por 20 minutos; após isso, os tubos foram colocados em recipiente com água fria até atingirem a temperatura ambiente para posterior leitura em espectrofotômetro a 532 nm. A curva de calibração foi realizada a partir de um branco contendo 2,0 mL de água destilada acrescida de 2,0 mL da solução de TBA (0,5884g de TBA/200 mL de água – diluído em banho ultrassônico). Os outros pontos para a curva foram obtidos a partir de 2,0 mL de água destilada com 2,0 mL da solução de TBA e 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 100, 110, 120 µl da solução de 1,1,3,3-tretametoxypropano (TMP) (16,50 µl TMP/ 100 mL de água destilada).

A determinação dos SRAT foi realizada a partir da seguinte equação:

$$\text{SRAT} = \frac{\text{Média Absorvância 1 e 2}}{\text{valor de y na curva padrão}} \times 2,96$$

2.3.4 Determinações do Colesterol Total

O procedimento para quantificação do colesterol na carne foi realizado segundo Nogueira e Bragagnolo (2002), modificado por Saldanha et al. (2004), conforme protocolo abaixo:

Foram colocadas alíquotas de $2,0 \pm 0,1$ g da carne em tubo de ensaio com capacidade de 15 mL e adicionados 4 mL de solução aquosa de KOH 50% e 6 mL de álcool etílico, em seguida os tubos foram levados ao banho-maria sob agitação a 40 °C até a solubilização das amostras. Após isso, os tubos ficaram mais 10 minutos em banho-maria a 60 °C, acrescentou-se 5 ml de água destilada e deixando esfriar a temperatura ambiente. Em seguida foram adicionados 10 mL de hexano, agitando-se em vortex até a separação das fases, quando a fase hexânica foi pipetada e colocada em outro tubo de ensaio, sendo esse procedimento repetido mais duas vezes. Na sequência, uma alíquota de 3mL do extrato hexânico foi seco sob atmosfera de N₂ e adicionado 0,5 mL de isopropanol, agitando-se em vortex até a completa solubilização. Em seguida foi adicionados 1 mL do reagente de cor (Kit Labtest Diagnóstica) e os tubos foram levados ao banho-maria por 10 minutos a 37 °C. Ao término desse período, os tubos foram retirados e permaneceram em descanso por 60 minutos, quando os extratos foram lidos em espectrofotômetro munido de filtro com de absorvância a 499nm.

A curva de calibração foi realizada a partir de um branco contendo 1,0 mL do reagente de cor nº1 e os pontos para a curva foram obtidos a partir de 1,0 mL do reagente de cor nº1 e da adição de 10 a 120 µl do reagente padrão de colesterol (200mg/dL), em intervalos de 10 µl

A conversão dos valores de colesterol para mg de colesterol/100g de carne, foram realizadas segundo equação descrita por Lopes et al. (2007):

$$F = \cot \alpha = \cos \alpha / \sin \alpha = \frac{mg \text{ Colesterol}}{\text{Absorvância da amostra}}$$

2.3.5 Determinações do Perfil de Ácidos Graxos da Carne

A extração dos ácidos graxos foi realizada segundo o protocolo de Folch et al. (1957), seguindo as modificações propostas por Almeida et al. (2013), que foram: utilização de 30 mL de solução de clorofórmio e metanol (2:1) e solução de NaCl com concentração de 1,5% para a separação das fases.

Foram colocados 10g da carne em tubo Falcon com capacidade de 50 mL e adicionado 20 mL da solução de clorofórmio e metanol (2:1) e homogeneizado em mixer por 1 minuto. Em seguida, o extrato foi filtrado em papel filtro e posteriormente o retido foi lavado com 10 mL da solução clorofórmio e metanol. Foram adicionados ao filtrado 4,4 mL da solução de NaCl a 1,5% e centrifugado a 2400 rpm por 20 minutos para a separação das fases. Após a centrifugação, a fase apolar, onde os ácidos graxos estão em suspensão, foi transferida para tubos com tampa. Os tubos foram colocados em banho-maria a 50 °C e inflados com nitrogênio gasoso até a completa evaporação dos solventes.

Após a obtenção da fração lipídica, foi realizada a esterificação por meio alcalino, à base de metóxido de sódio, conforme preconiza Kramer et al. (1997). Foram adicionados 2 mL da solução de metóxido de sódio a 0,5M aos tubos contendo a fração lipídica e levados ao banho-maria a 50 °C por 10 minutos. Decorrido este período os tubos foram retirados do banho-maria e resfriados em temperatura ambiente. Após isso, foram adicionados 3,0 mL da solução de HCL metanólico a 10 % e homogeneizado em vortex por 1 minuto. Em seguida os tubos foram novamente levados ao banho-maria a 80 °C por 10 minutos, retirados e, após atingirem a temperatura ambiente, foi adicionado 1mL de hexano e 10 mL da solução de carbonato de potássio a 6%, agitado em vortex e posteriormente centrifugados a 1.500 rpm por 5 minutos para a coleta do sobrenadante. Esta fração foi transferida para tubos de 20 mL contendo aproximadamente 50 mg da mistura de carvão ativado e Na₂SO₄ (1:1), agitados em vortex e centrifugados a 1.500

rpm por 5 minutos para coleta do sobrenadante, que foi transferido para Eppendorf e, posteriormente, colocados em congelador até o momento da análise.

As amostras foram injetadas em cromatógrafo a gás (modelo GC-2010 Plus Shimadzu[®]) provido com coluna capilar de sílica fundida (SP-2560; 100 m, 0,25mm e 0,2 μ m de espessura da camada, Supelco[®]). O ácido esteárico (C18:0) foi utilizado como padrão externo e o ácido nonadecanóico (C19:0) como padrão interno, com o intuito de detectar possíveis perdas de ácidos graxos durante o processo de esterificação.

2.4 Análises estatística

O experimento foi conduzido utilizando-se o delineamento experimental blocos casualizados. As médias do índice de peróxido, SRAT e colesterol foram comparadas utilizando-se o Teste de Tukey a 5% de significância e realização análise de regressão. Para o perfil de ácidos graxos foi realizado as seguintes análises estatísticas: análise de variância (ANOVA), Análise de Regressão e o Teste de Tukey, ao nível de significância de 5%, com uso do SAS (9.3).

3. Resultados

3.1 Índices de Peróxido (IP)

A ingestão de bixina promoveu redução ($P < 0,05$) na produção de peróxido (Tabela 5, Figura 4). Os valores encontrados para IP demonstraram que a ingestão de bixina proporcionou maior proteção à fração lipídica da carne submetida ao congelamento. Os maiores valores de IP foram encontrados no tratamento sem ingestão de bixina (controle), e os menores no tratamento com maior ingestão do carotenoide (0,169 g/kg), que promoveu redução do IP em 151%.

Tabela 5. Índice de peróxido (mEq.1000g⁻¹) da carne congelada de ovinos que receberam dietas contendo bixina.

Tratamentos (Níveis bixina g/kg)	M ± DP*
0,000	5,83 ± 0,49 ^A
0,056	4,84 ± 1,06 ^B
0,113	3,77 ± 0,48 ^C
0,169	2,32 ± 0,38 ^D

*Médias ± Desvio Padrão

Medias seguidas de letras maiúsculas diferentes na mesma coluna foram significativamente diferentes para o teste de Tukey (P<0,05).

Os resultados também permitem concluir que a proteção promovida pela ingestão de bixina é dose-dependente, apresentando comportamento linear decrescente ($y = 5,9302 - 20,594x$; $R^2 = 0,7987$), como demonstrado na Figura 4.

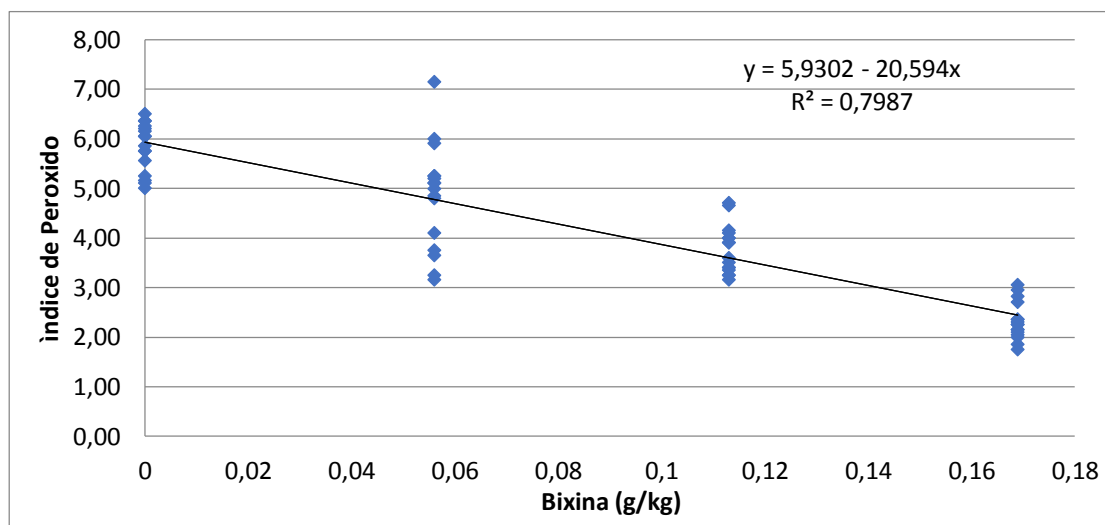


Figura 4- Relação entre a ingestão de bixina e o índice de peróxido da carne congelada de ovinos que receberam dietas contendo bixina.

3.2 Substâncias reativas a o ácido tiobarbitúrico (SRAT)

Houve diferença (P<0,05) na concentração de SRAT (Tabela 6) pela adição da bixina. Os resultados permitem concluir que esta proteção à fração lipídica foi dose-dependente, mostrando comportamento quadrático decrescente para os dados analisados

(Figura 5). Os maiores valores de SRAT foram encontrados no tratamento sem ingestão de bixina (controle) e os menores no tratamento com maior ingestão da bixina (0,169 g/kg).

Tabela 6. Concentração de SRAT (mg MD/kg) da carne congelada de ovinos que receberam dietas contendo bixina.

Tratamentos (Níveis bixina g/kg)	M \pm DP*
0,000	9,57 \pm 3,22 ^A
0,056	4,59 \pm 0,60 ^B
0,113	3,06 \pm 0,30 ^{B, C}
0,169	1,74 \pm 0,66 ^D

*Médias \pm Desvio Padrão

Medias seguidas por letras maiúsculas diferentes na mesma coluna apresentaram diferenças significativas entre os tratamentos para teste de Tukey (P<0,05).

A aplicação da equação encontrada permite estimar que valor mínimo de ingestão bixina (g/kg), para obtenção do mínimo de TBRAS, seria de 0,161 g/kg de bixina para 1,9 mmol de malonaldeído/kg de carne.

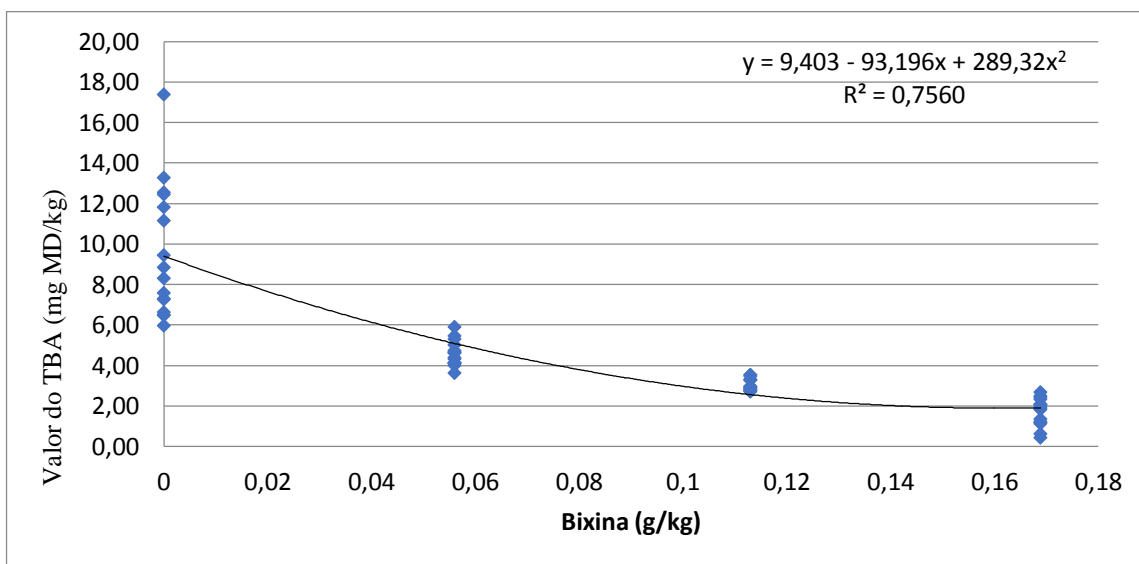


Figura 5- Relação entre a ingestão de bixina e SRAT na carne congelada de ovinos que receberam dietas contendo bixina.

3.3 Teores de colesterol da carne.

Os teores de colesterol total da carne para os quatro tratamentos estão apresentados na Tabela 7.

Tabela 7. Concentração de colesterol total (mg/100g) da carne congelada de ovinos que receberam dietas contendo bixina.

Tratamentos (Níveis bixina g/kg)	M \pm DP*
0,000	112,41 \pm 12,10 ^A
0,056	95,17 \pm 2,27 ^B
0,113	86,15 \pm 2,23 ^C
0,169	68,38 \pm 8,28 ^D

*Médias \pm Desvio Padrão

Medias seguidas de letras maiúsculas diferentes na mesma coluna apresentaram diferenças significativas entre os tratamentos para teste de Tukey (P<0,05).

Os resultados permitiram observar o comportamento linear decrescente (Figura 6) da ingestão de bixina sobre a concentração de colesterol total da carne. Os maiores valores médios de colesterol total na carne foram encontrados no tratamento sem ingestão de bixina (controle) e os menores valores para o tratamento com maior fornecimento do carotenoide (0,169 g/ kg), que promoveu redução de 71,93%.

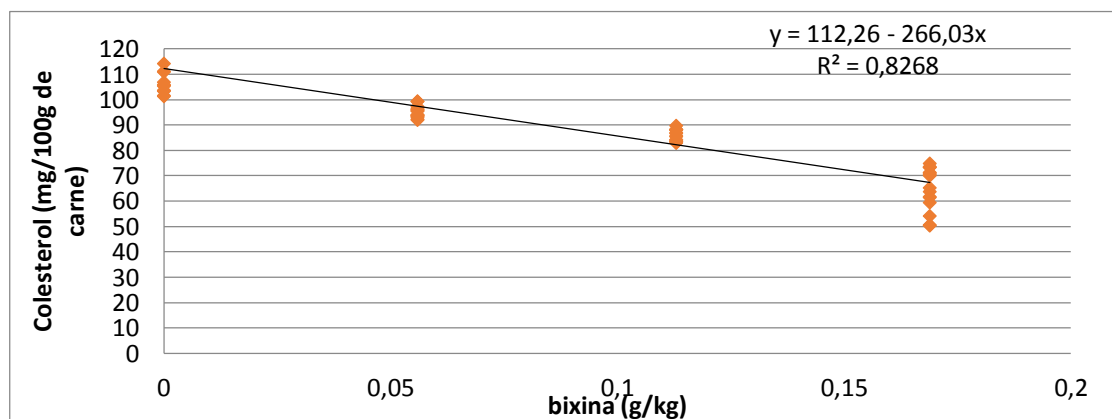


Figura 6- Relação entre a ingestão de bixina e a concentração de colesterol total da carne congelada de ovinos que receberam dietas contendo bixina.

3.4 Perfis de ácidos graxos da carne

O ácido graxo oleico (C18:1), palmítico (C16:0) e esteárico (C18:0) foram os que apresentaram maiores concentrações (Tabela 8). A ingestão de bixina não influenciou a concentração do ácido mirístico (C14:0) na carne, porém foi verificada alterações nos ácidos pentadecanóico (C15:0) e palmítico (C16:0), com comportamento quadrático. Os valores máximos estimados pela equação de regressão para o C15 ($y = 6,4221 + 66,168x + 502,76x^2$; $R^2 = 0,3925$) foram de 8,594 mg/100g de ácidos graxos, para a inclusão de 0,0658 g/kg de bixina na dieta e para o C16 ($y = 239,68 + 1289,6x - 11102x^2$; $R^2 = 0,3492$) foi de 38,104 mg/100g de ácidos graxos para a inclusão de 0,0378 g/kg de bixina.

A inclusão de bixina na dieta dos animais ocasionou alteração na concentração do ácido graxo de cadeia média palmitoleico (C16:1; $y = 47,656 - 7,1696x$; $R^2 = 0,4448$) e nos ácidos de cadeia longa heptadecanóico (C17:0; $y = 25,187 - 3,3682x$; $R^2 = 0,3725$) e esteárico (C18:0; $y = 173,2 - 2,6125x$; $R^2 = 0,2168$), apresentando comportamento linear decrescente. A concentração de ácido oleico (C18:1) também foi influenciada, apresentado efeito quadrático, sendo o maior valor estimado de 409,187 mg/100g de ácidos graxos ($y = 328,98 + 2314,8x - 167,00x^2$; $R^2 = 0,3075$) para a inclusão de 0,069 g/kg bixina.

Não foi observado efeito da dieta sobre a concentração do ácido graxo linoleico (C18:2) e seu isômero C18:2 cis 9, trans 11, porém a concentração do isômero C18:2 t10, c12 foi influenciada pelos tratamentos.

Tabela 8. Perfil de ácido graxo (mg/100g de ácidos graxos) da carne congelada de ovinos que receberam dietas contendo bixina.

Itens	Níveis de bixina (g/kg)				Equação	R ²	Prob. (p)
	0	0,056	0,113	0,169			
Ácidos graxos (mg/100g de ácidos graxos)							
C14:0 (Ácido mirístico)	31,17	39,72	32,89	30,63	-	-	0,6928**
C15:0 (Ácido pentadecanóico)	6,41	8,56	7,46	3,24	$y = 221 + 66,168x + 502,76x^2$	0,3925	0,0027
C16:0 (Ácido palmítico)	237,13	284,61	236,11	143,07	$y = 239,68 + 1289,6x - 11102x^2$	0,3492	0,0061
C16:1 (Ácido palmitoleico)	36,60	36,34	31,73	14,24	$y = 47,656 - 7,1696x$	0,4448	0,0010
C17:0 (Ácido heptadecanóico)	20,78	18,81	17,46	10,00	$y = 25,187 - 3,3682x$	0,3725	0,0010
C18:0 (Ácido esteárico)	156,92	138,91	144,35	80,15	$y = 173,2 - 2,6125x$	0,2168	0,0106
C18:1 (Ácido oleico)	340,90	370,89	412,65	231,29	$y = 328,98 + 2314,8x - 167,00x^2$	0,3075	0,0049
C18:1 t11 (Ácido vacênico)	38,50	43,05	50,97	24,79	-	-	0,0567**
C18:2 c9, t11 (Ácido rumênico)	1,43	0,56	1,13	1,21	-	-	0,7672**
C18:2 t10, c12	0,28	0,09	0,29	0,09	-	-	0,3345**
C18:2 (Ácido linoleico)	174,29	99,25	75,41	209,50	-	-	0,6504**
C18:3 (Ácido linolênico)	1,58	0,56	0,94	0,30	-	-	0,0598**
Saturados totais	455,96	497,02	443,29	270,18	$y = 54,61 + 1776,7x - 16923x^2$	0,3805	0,0034
Insaturados totais	637,88	576,13	598,54	493,69	-	-	0,3715**
MUFA ^a	457,35	475,64	520,74	282,58	$y = 441,6 + 2576,7x - 20263x^2$	0,3460	0,0020
PUFA ^b	180,52	100,49	77,79	211,11	-	-	0,6516**
Trans total ^c	52,37	43,72	52,41	26,09	-	-	0,0853**
Relações							
Insaturados: aterogênicos	0,63	0,77	0,61	0,59	-	-	0,4971**
Insaturados: saturados	1,50	1,16	1,37	1,90	-	-	0,2081**

A ingestão de bixina ocasionou efeito quadrático na concentração total de ácidos graxos saturados, sendo o mínimo valor estimado pela equação de regressão de 3,0585 mg/100g de ácidos graxos ($y = 454,61 + 1776,7x - 16923x^2$; $R^2 = 0,3805$) para a inclusão de 0,0221 g/kg de bixina. A concentração dos ácidos graxos monoinsaturados (MUFA)

também foi influenciada pelos tratamentos, apresentando comportamento quadrático e o máximo valor estimado pela equação de regressão foi de 523,521 mg/100g de ácidos graxos para a adição de 0,063 mg/kg de bixina ($y = 441,6 + 2576,7 - 20263x^2$; $R^2 = 0,3460$). A concentração dos ácidos graxos poli-insaturados (PUFA), dos insaturados totais, dos trans totais, a relação entre ácidos graxos saturados: insaturados e a relação dos ácidos graxos insaturados: aterogênicos não foram alteradas pela ingestão de bixina ($P > 0,05$).

4. Discussão

4.1 Índices de Peróxido

Os valores de índices de peróxido encontrados no presente experimento foram inferiores aos limites impostos pela legislação brasileira, de 1 mEq de O_2 /kg para carnes mecanicamente separadas (classificação que não se enquadra na carne utilizada no presente trabalho), no entanto, IP de até 25 mEq de O_2 /kg ativo para alimentos gordurosos foram descritos na literatura como aceitáveis para o consumo (Evrunuz, 1993; Narasimhan et al., 1986).

Apesar do congelamento ser considerado o método de conservação que propicia menos perdas nas qualidades sensoriais e no valor nutricional da carne, os resultados do presente experimento permitem concluir que o congelamento isoladamente mostrou-se limitada eficiência em garantir a integridade da fração lipídica, permitindo perdas oxidativas desta fração, o que pode ser visualizado pelo maior IP na carne dos animais que não consumiram bixina. Tal resultado, segundo Foegeding et al. (1996), pode ser explicado pelo fato do congelamento ser um facilitador da oxidação lipídica, devido aos efeitos de concentração de espécies reativas. Segundo Campo et al. (2006) a refrigeração

ou o congelamento garantem proteção contra a deterioração microbiana, porém não impede danos causados por agentes oxidativos.

A menor produção de peróxido durante o congelamento da carne dos animais que receberam a bixina comprovam o poder deste composto de conferir proteção à fração lipídica, especialmente por sua característica antioxidante (Scotter, 1985). Os resultados do presente experimento também podem ser ratificados por Zhang et al. (1991) que, ao avaliarem a atividade de alguns antioxidantes naturais como o betacaroteno, cantaxantina, luteína, licopeno, alfa-caroteno e bixina sobre a peroxidação lipídica, concluíram que, dentre os carotenoides testados, a bixina se mostrou o mais potente inibidor deste processo. Portanto, os resultados obtidos pelo presente experimento permitem concluir que o congelamento isoladamente não garantiu as propriedades organolépticas da carne, em especial a proteção oxidativa da fração lipídica, além de demonstrar a efetividade da ingestão da bixina como tratamento auxiliar para preservação da carne durante o congelamento.

4.2 Substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (SRAT)

Com base nos resultados obtidos para SRAT, e ratificando os valores observados para IP, conclui-se que o processo de congelamento isoladamente não foi suficiente para inibir a geração das SRAT, ou seja, não conferiu proteção oxidativa à fração lipídica, uma vez que a carne congelada oriunda dos animais que não receberam a bixina (tratamento controle) apresentou os maiores valores, conferindo elevação na concentração de SRAT de 450% maior que a do tratamento com o maior nível de ingestão do carotenoide. A limitada proteção aos processos oxidativos proporcionada pelo congelamento também foi verificada por Pikul et al. (1989), quando trabalhou com carne peito de frango congelada

por 6 meses a $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$, verificaram elevação de 4,1-4,9 vezes da quantidade de malonaldeído, composto resultante da deterioração oxidativa da fração lipídica. A melhora da estabilidade oxidativa da carne também pode estar ligada diretamente à velocidade de congelamento, pesquisa realizada por Muela et al. (2010), para observar a influência do congelamento lento e rápido sobre a estabilidade oxidativa em 1, 3 e 6 meses, concluíram que os métodos de congelamento rápido foram mais eficientes em preservar a fração lipídica. Concordando com esses autores, Limbo et al. (2010) observaram maiores valores de SRAT na carne de ruminantes armazenada a $15,5^{\circ}\text{C}$ (0,305 mg de MDA/kg de carne), em comparação a carne armazenadas a $8,1^{\circ}\text{C}$ (0,105 mg de MDA/kg de carne) ou $4,3^{\circ}\text{C}$ (0,081 mg de MDA/kg de carne).

Confirmando os resultados obtidos no presente experimento, Castro et al. (2011), avaliando a estabilidade oxidativa do peito de frango cru com e sem acréscimo do colorífico (fonte de bixina), durante 120 dias de armazenamento a $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ observaram uma redução de 77,3 % da quantidade de MDA/ kg de carne que recebeu o colorífico.

O comportamento quadrático decrescente dos valores de SRAT podem ser explicados pelo comportamento do próprio antioxidante presente no estudo, uma vez que em altas concentrações podem agir como princípios pró-oxidativos, conforme relatado por Cerqueira et al. (2007), que em concentrações elevadas, ocorre limitação da atividade antioxidante do licopeno, luteína e do b-caroteno que vieram a apresentar efeito pró-oxidativo, o que pode ser extrapolado para o presente estudo, conforme estimado pela equação de regressão. Esse comportamento ocorre devido a alterações nas propriedades das membranas biológicas, influenciando a permeabilidade a toxinas, ao oxigênio e outros metabólitos.

Portanto, conclui-se que o congelamento isoladamente proporcionou limitada proteção oxidativa, além de demonstrar que o fornecimento de bixina aos animais, como tratamento coadjuvante, elevou a estabilidade oxidativa da carne.

4.3 Teores de colesterol da carne

O presente experimento verificou o potencial da bixina em reduzir os níveis de colesterol, apresentando comportamento dose-dependente, expressado pelo efeito linear negativo, onde a maior dose do carotenoide promoveu redução superior a 70% no colesterol da carne.

A concentrações de colesterol na carne dos ovinos do presente experimento (Tabela 7) foi superior aqueles verificados por Zapata et al. (2001) e Madruga et al. (2005), de 51,50 e 57,72 mg/100g, respectivamente. Essa discrepância pode ser decorrente da idade de abate dos animais, pois no primeiro trabalho, os animais foram abatidos aos 5 meses e no segundo aos 6, enquanto que, nesse ocorreu aos cerca de 10 meses.

Apesar da maior concentração de colesterol verificada, a carne dos animais que receberam as maiores doses de bixina (tratamento 3 e 4) se enquadram como pobres em colesterol, conforme classificação de Madruga et al. (2008) que consideram carne com baixo colesterol aquelas que apresentam valores inferiores a 90 mg/ 100g.

Valores expressivos de redução no colesterol proporcionado pela bixina também foi verificado por Harder et al. (2007), ao adicionarem níveis de urucum (0,5, 1,0, 1,5 e 2,0%, na MS) na dieta de poedeiras, observaram redução no colesterol da gema em todos os tratamentos, com expressiva redução (> de 60%) nas originárias dos animais dos tratamentos com 1,5 e 2,0%.

Vários estudos têm sido realizados para avaliar o efeito do uso de antioxidantes naturais (Harder et al., 2007; Lima et al., 2003) sobre os padrões metabólicos da fração

lipídica, especialmente relacionados ao perfil sanguíneo, e demonstram seu potencial redutor. No entanto, ainda não está completamente esclarecido como ocorre esse processo. Dentre as hipóteses, são citadas o aumento na excreção de sais biliares nas fezes e o aumento da atividade do sistema microsomal hepático, tendo como consequência o aumentando do metabolismo lipídico (Nagem et al., 1994; Nagem et al., 2001; Pinto et al., 1999).

Reduções na concentração de colesterol em itens alimentícios humanos tem grande impacto na redução de problemas relacionados às doenças do sistema circulatório, pois o nível do colesterol sanguíneo está diretamente ligado à quantidade ingerida, conforme aponta levantamento de Howell et al. (1997).

Portanto, apesar das dúvidas a respeito do mecanismo da ação hipocolesterolêmico promovido pela bixina, pode-se deduzir que sua atividade seja diretamente relacionada a seu elevado potencial antioxidante, conforme foi ratificado pelo presente experimento, via determinação do índice de peróxidos e das substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico.

4.4 Perfis de ácidos graxos da carne

A concentração de gordura verificada na carne dos ovinos do presente experimento está coerente com a literatura (Corradello, 1988) e ratifica a característica de animais deslanadas apresentarem pouca gordura muscular, priorizando o acúmulo deste tecido na face interna da carcaça (Burk e Apple, 2007), quando comparados a raças lanadas (Bellmann et al., 2004; Fisher et al., 2000; Juárez et al., 2008) e a bovinos (Scollan et al., 2001; Sevane et al., 2013).

As concentrações dos ácidos graxos C16:0, C18:0 e o C18:1, determinadas no presente experimento, estão coerentes com os valores encontrados para carne de ovinos

Santa Inês por Madruga et al. (2006) e para outras raças, conforme apontam Juárez et al. (2008).

A redução na concentração dos ácidos graxos de cadeia ímpar detectados (C15:0 e C17:0) na carne dos animais foi decorrente, possivelmente, de modificações no ambiente ruminal após a adição da bixina, já que tais ácidos graxos são de origem estritamente microbiana (Jenkins, 1993). A atividade inibitória da bixina sobre várias espécies bacterianas foi constatada por diversos autores, quando também verificaram maior atividade supressora deste carotenoide sobre as bactérias Gram-positivas (Braga et al., 2007; Fleischer et al., 2003; Gonçalves, 2005; Irobi et al., 1996; Majolo et al., 2013; Nalimova et al., 2005; Rojas et al., 2006).

O ácido palmítico (C16:0) da carne de ruminantes pode ser oriundo da dieta, da síntese endógena e da biohidrogenação ruminal a partir do palmitoleico (C16:1). Como não houve alteração na ingestão deste ácido graxo, uma vez que o milho e o resíduo da extração do colorífico (REC) apresentaram concentração semelhante, pode-se concluir que o comportamento quadrático foi consequência da redução da ingestão do C16:1, já que o REC apresentou menor concentração de ácido graxo que o milho, além da possibilidade de redução da biohidrogenação do C16:1 ocasionada pela bixina, ratificando a redução na síntese de ácidos graxos de cadeia ímpar (C15:0 e C17:0).

O ácido palmitoleico (C16:1) encontrado em produtos de ruminantes pode ser oriundo da dieta ou da síntese endógena, a partir da atividade da Δ^9 -desaturase sobre o C16:0, que adiciona uma dupla ligação no carbono 9 de sua cadeia. Portanto, o comportamento linear negativo deve ter ocorrido devido à redução na ingestão, visto que a concentração do 16:1 no REC foi menor que a do milho, e pela queda no suprimento de seu precursor, o C16:0, para síntese endógena (via Δ^9 -desaturase), conforme pode ser ratificado pela redução do C16:0 na carne. Pode-se também concluir que a redução na

concentração desse ácido graxo não foi decorrente da inibição da atividade da Δ^9 -desaturase, uma vez que a concentração do seu principal inibidor, o isômero C18:2, t10 c12, conforme aponta Almeida et al. (2013), não foi alterada pela inclusão do carotenoide.

Outro ácido graxo oriundo especialmente da atividade microbiana ruminal sobre ácidos graxos insaturados da dieta, o ácido esteárico (C18:0), apresentou comportamento decrescente, o que também pode ter sido decorrente da ação inibitória da bixina sobre a biohidrogenação ruminal do 18:1, C18:2 e C18:3, conforme discutido anteriormente. Os resultados obtidos pelo presente experimento permitem concluir que a atividade do carotenoide foi benéfica ao reduzir a quantidade de ácidos graxos saturados na carne, minimizar a hidrogenação daqueles benéficos à saúde e à maciez da carne, como o C18:1, C18:2 e o C18:3, conforme apontam McAfee et al. (2010) e Smith et al. (2009).

Tais resultados são bastantes interessantes para corrigir o padrão de ingestão da sociedade moderna, que, conforme Silman e Marr (1985) produtos cárneos consumidos pela sociedade inglesa proporciona 25,4% de ácidos graxos insaturados e 17,4% de poli-insaturados, perfazendo uma relação de 1,46, número bem superior ao recomendado pelo Department of Health (1994), de 0,45. Essas modificações são mais importantes em ovinos, tendo em vista que Ulbricht e Southgate (1991) verificaram que a concentração de ácidos graxos associados ao desenvolvimento de ateromas é maior na carne desses animais, quando comparada à carne bovina (1,0 versus 0,72).

Outro ácido graxo influenciado pela ingestão da bixina foi o ácido oleico (C18:1), apresentando comportamento quadrático, onde a menor concentração foi atingida no maior nível de inclusão. Como esse ácido graxo pode ser oriundo tanto da dieta como da síntese endógena via ação da Δ^9 -desaturase sobre o C18:0, portanto supõe-se que a elevação nos dois primeiros níveis de inclusão (0,056 e 0,113g/kg) tenha sido especialmente decorrente da elevação de sua ingestão, já que a concentração deste ácido

graxo no REC é superior a do milho. Já a redução da concentração do C18:1 no tratamento com maior inclusão de bixina (0,169g/kg), pode ter sido consequência da menor síntese endógena, em virtude da limitação do suprimento do seu precursor, o C18:0, conforme observado na carne.

O comportamento quadrático dos ácidos saturados foi decorrente de alterações na concentração dos componentes desta classe e, conforme discutido anteriormente, pode ter sido consequência de alterações nos padrões de biohidrogenação ruminal ocasionados pela adição da bixina. Tal hipótese pode ser ratificada por Majolo et al. (2013) que observaram atividade antibacteriana da bixina sobre culturas de *Escherichia coli* (ATCC 11229), *Staphylococcus aureus* (ATCC 25923), *Enterococcus faecalis* (ATCC 19433) e *Listeria monocytogenes* (ATCC 19114), além de verificar que o potencial de ação foi dependente da quantidade do carotenoide adicionado.

Portanto, como a carne ovina é rica em ácidos graxos saturados, especialmente o mirístico, o palmítico e o esteárico (Perez et al., 2002), pode-se concluir que a redução na concentração dessa classe é de interesse e aponta a bixina como uma excelente ferramenta capaz de atender à crescente demanda por carne com menor concentração de ácidos potencialmente danosos à saúde, como, no caso, os saturados.

A concentração dos ácidos graxos monoinsaturados (MUFA) também foi influenciada pelo tratamento com maior ingestão de bixina (0,169g/kg), como consequência da redução promovida por este carotenoide sobre todos os componentes desta classe (C16:1, C18:1 e C18:1 t11).

Já a concentração dos ácidos graxos poli-insaturados (PUFA) não foi influenciada pelos tratamentos, resultado que reflete variações não homogêneas nas concentrações dos componentes da classe e/ou por falhas na detecção.

Não foi verificado efeito dos tratamentos sobre o total de ácidos graxos insaturados, dos PUFA, do total de trans e das relações de insaturados: aterogênicos e saturados: insaturados.

Com base nos resultados do presente experimento, permite-se concluir que a introdução da bixina na dieta dos ovinos promoveu alterações benéficas à qualidade da carne dos animais, em decorrência, possivelmente, de alterações nos padrões de fermentação ruminal.

5. Conclusão

A adição de bixina na dieta dos ovinos promoveu proteção oxidativa à carne congelada, diminuiu a concentração de colesterol e promoveu alterações no perfil de ácido graxo, mostrando-se uma ferramenta promissora para a obtenção de produto dentro dos padrões buscados pelo mercado consumidor contemporâneo.

REFERÊNCIAS

- A. O. C. S., 2009. American Oil Chemists' Society. Official Procedure Am 5-04.
- A.O.A.C., 1990. Official methods and recommended practices. 4. ed. Champaign: USA.
- Ahn, H., Jeon, T., Lee, J., Hwang, S., Lim, Y., Park, D., 2002. Antioxidative activity of persimmon and grape seed extract: in vitro and in vivo. *Nutr. Res.*, 22, 1265-1273.
- Almeida, O.C., Pires, A.V., Susin, I., Gentil, R.S., Mendes, C.Q., Queiroz, M.A.A., Ferreira, E.M., Eastridge, M.L., 2013. Milk fatty acids profile and arterial blood milk fat precursors concentration of dairy goats fed increasing doses of soybean oil. *Small Rum. Res.*, 114, 152-160.
- Bellmann, O., Wegner, J., Rehfeldt, C., Teuscher, F., Schneider, F., Voigt, J., Derno, M., Sauerwein, H., Weigartnesr, J., Ender, K., 2004. Beef versus dairy cattle: a comparison of metabolically relevant hormone, enzymes and metabolites. *Liv. Prod. Science*, 39, 131-145.

- Braga, F.G., Bouzada, M.L., Fabri, R. L., de O Matos, M., Moreira, F. O., Scio, E., Coimbra, E.S., 2007. Antileishmanial and antifungal activity of plants used in traditional medicine in Brazil. *J Ethnopharmacol.*, 111, 267-71.
- Brasil. 2000. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº3, de 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, 24 de janeiro de 2000, Seção I., 14-16.
- Brasil. 2010. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. Projeções do agronegócio: Brasil 2009/2010 a 2019/2020/ Ministério da agricultura, pecuária e abastecimento. Acessoria da gestão estratégica- Brasília: MAPA/ACS, 76.
- Burke, J. M.; Apple, J. K. 2005. Growth performance and carcass traits of forage-fed hair sheep wethers. *Small Rumin. Research.* 67,254-270.
- Campo, M.M., Nute, G.R., Hungnes, S.I., Enser, M., Wood, J.D., Richardson, R.I., 2006. Flavour perception of oxidation in beef. *Meat Sci.*, 72, 303–311.
- Castro, W.F., Mariutti, L.R.B., Bragagnolo, N., 2011. The effects of colorifico on lipid oxidation, colour and vitamin E in raw and grilled chicken patties during frozen storage. *Food Chem.*,124, 126-131.
- Cerqueira, F.M., Medeiros, M.H., Augusto, O., 2007. Dietetic antioxidants: controversies and perspectives. *Quím Nova*, 30, 441-449.
- Cezar, M.F., Sousa, W.H., 2007. Carcaças ovinas e caprinas: obtenção, avaliação e classificação. 1 ed. Uberaba-MG:Editora Agropecuária Tropical, 147p.
- Corradello, E. F. A. (1988) Criação de ovinos: antiga e contínua Atividade lucrativa. São Paulo: Ícone, 124p.
- Department of Health. (1994). Nutritional Aspects of Cardiovascular Disease. Report on Health and Social Subject No. 46. London: Her Majesty's Stationery Office.
- Durán, R. M., Padilla, R. B., 1993. Actividad antioxidante de los compuestos fenólicos. *Grasas y Aceites*, Sevilla, 44, 101-106.
- Evranuz, Ö.E., 1993. The effects of temperature and moisture content on lipid peroxidation during storage of unblanched salted roasted peanuts: shelf life studies for unblanched salted roasted peanuts. *J. Food Sci. Technol.*, 28, 193–199.
- FAO/WHO (1982). Food and Nutrition Paper (Vol. 25). Rome: FAO.
- Fisher, A. V., Enser, M., Richardson, R. I., Wood, J. D., Nute, G. R., Kurt, E., Sinclair, L. A., Wilkinson, R.G., 2000. Fatty acid composition and eating quality of lamb types derived from four diverse breed x production systems. *Meat Science.* 55, 141-147.
- Fleischer, T.C., Ameade, E. P., Mensah, M. L., Sawe, r I.K., 2003. Antimicrobial activity of the leaves and seeds of *Bixa orellana*. *Fitoterapia*, 74, 136-148, 2003.

- Foegeding, E. A., Lanier, T.C., HULTIN, H.O., 1996. Characteristics of edible muscle tissues. In: FENNEMA, O. R. Food Chemistry, New York: Marcel Dekker, 1996, p. 880-942.
- Folch, J., Lees, M., Stanley, G.H.S., 1957. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. J. Biologic. Chemi., 226, 497-509.
- Gonçalves, A. L., Alves Filho, A., Menezes, H., 2005. Estudo comparativo da atividade antimicrobiana de extratos de algumas árvores nativas. Arq. Instit. Biológico, 72, n.3, 353-358.
- Harder, M. N. C., Canniatti-Brazaca, S. G., Coelho, A. A., Savino, V. J. M., Franco, C. F. O., 2007. Cholesterol and iron availability in yolk of laying hens feed with annatto (*Bixa orellana*). Animal. 1, 477-482.
- Howell, H. W., McNamara, D. J., Tosca, M. A., Smith, B. T., Gaines, J. A., 1997. Plasma lipid and lipoprotein responses to dietary fat and cholesterol: a meta-analysis. Americ. J. Clinic. Nutri., 65, 1747-1765.
- Irobi, O.N., Moo-Young, M., Anderson, W. A., 1996. Antimicrobial activity of annatto (*Bixa orellana*) extract. Inter. J. Pharmacogn., 34, 87-90.
- Jenkins, T.C., 1993. Lipid metabolism in the rumen. In: Symposium: Advances in ruminant lipid metabolism. J. Dairy Sci., 76, 3863.
- Juárez, M. Horcada, A., Alcalde, M.J, Valera, M. Mullen, A. M., Molina, A. 2008. Estimation of factors influencing fatty acid profiles in light lambs. Meat Scienci.79, 203-210.
- Kamari, Y., Shaish, A., Vax, E., Shemesh, S., Kandel-Kfir, M., Arbel, Y., Olteanu, S., Barshack, I., Dotan, S., Voronov, E., Dinarello, C. A., Apte, R. N., Harats, D., 2011. Lack of interleukin-1alpha or interleukin-1beta inhibits transformation of steatosis to steatohepatitis and liver fibrosis in hypercholesterolemic mice. J. Hepatol.55, 1086–1094.
- Kramer, J.K., Fellner, V., Dugan, M.E., Sauer, F.D., Mossoba, M.M., Yurawecz, M.P., 1997. Evaluating acid and base catalysts in the methylation of milk and rumen and rumen fatty acids with special emphasis on conjugated dienes and total trans fatty acids. Lipids, 32, 1219-1228.
- Laguerre, M., Lecomte, J., Villeneuve, P., 2007. Evaluation of the ability of antioxidants to counteract lipid oxidation: existing methods, new trends and challenges. Prog. Lipid Res., 46, 244-282.
- LANA, 2013. Laboratórios de Nutrição Animal.
- Lara, H. L., 1984. Monografia de Corantes Naturais para Fins Alimentícios: Padrões de Identidade e Qualidade. 47p.
- Lima Júnior, D. M., Rangel, A. H. N., Urbano, S. A., Moreno, G. M. B., 2013. Oxidação lipídica e qualidade da carne ovina. Acta VeterinariaBrasilica., 7, 14-28.

- Lima, L. R. P., Oliveira, T. T., Nagem, T. J., Pinto, A. S., Lima, E. Q., Silva, J. F., 2003. Toxicidade Aguda de Rutina e de *Bixa orellana*. Acta Farm. Bonaerense, 22, 21-26.
- Limbo, S., Torri, L., Sinelli, N., Franzetti, L., Casiraghi, E., 2010. Evaluation and predictive modeling of shelf life of minced beef stored in high-oxygen modified atmosphere packaging at different temperatures. MeatSci. 84, 129–136.
- Lopes, K.F., Bezerra, F. J., Nogueira, C. M., Barreto Júnior, R. A., Paula, V.V., 2007. Teores de colesterol e ácidos graxos em carne de Catetos (tayassutajacu) criados em cativeiro. Caatinga, 20,70-76.
- Madruga, M. S., Souza, W. H., Rosales, M. D, Cunha, M. G.G, Ramos, J.L.F. 2005. Qualidade da carne de cordeiros SantaInês terminados em diferentes dietas. R. Bras. Zootc., 34, 309-315.
- Madruga, M. S., Vieira, T. R. L., Cunha, M. G. G., Pereira Filho, J. M., Queiroga, R. C. R. E., Sousa, W. H. 2008. Efeito de dietas com níveis crescentes de caroço de algodão integral sobre a composição química e o perfil de ácidos graxos da carne de cordeiros Santa Inês. R. Bras. Zootec., 37, 309-315.
- Madruga, M.S., Araújo, W.O., Sousa, W. H., 2006. Efeito do genótipo e do sexo sobre a composição química e o perfil de ácidos graxos da carne de cordeiros. Ver. Bras. Zoot., 35, 1839-1844.
- Majolo, C., Carvalho, H.H, Wiest, J.M., 2013. Atividade antibacteriana “in vitro” de diferentes acessos de urucum (*Bixa orellana* L.) e sua relação com o teor de bixina presente nas sementes. B.CEPPA, 31, 115-124.
- McAfee, A. J., McSorley, E. M., Cuskelly, G. J., Moss, B. W., Wallace, J. M. W., Bonham, M. P., Fearon, A. M., 2010. Red meat consumption: Na overview of the risks and benefits. MeatSci. 84, 1-13.
- Melo, E. A., Guerra, N. B., 2002. Ação antioxidante de compostos fenólicos naturalmente presentes em alimentos. Boletim SBCTA, Campinas, v. 36, n. 1, p. 1-11.
- Muela, E., Sañudo, C., Campo, M. M., Medel, I., Beltrán, J. A. 2010. Effects of cooling temperature and hot carcass weight on the quality of lamb. MeatSci. 84, 101-107.
- Nagem, T. J., Albuquerque, T. T. O., Miranda, L. C. G., Pereira, C. A. S., 1994. Efeito de flavonóides sobre lipídios em ratos e sobre enzimas metabolizadoras de drogas. Arq. Biol. Technol. 471-82.
- Nagem, T. J., Pereira, W. L., Oliveira, T. T., Pinto, A. S., Pinto, J. G., 2001. Kaempherol e antocianina: redutores de lipídeos em ratos. Rev. Port. Farm., 3, 127-31.
- Nalimova, M.S., Penã, S.G.R., Izquierdo, M. F.C., 2005. Efecto in vitro de extractos de plantas sobre especies bacterianas del género Xantomonas. Fitosanidad, 9, 49-51.
- Narasimhan, S., Raghuver, K.G., Arumngam, C., Bhat, K. K., Sen, D.P., 1986. Oxidative rancidity of groundnut oil evaluation by sensory and chemical indices and their correlation. J. FoodSci. Technol., 23, 273–277.

- Nogueira, G.C., Bragagnolo, N., 2002. Anais XVIII Cong. Bras. Ciênc. Tecnol. Alimentos, v. 1, 328-332.
- NRC, 2007. National research council -. Nutrient Requirements of Small Ruminants: Sheep, Goats, Cervids, and New World Camelids. National Academy of Science, Washington, D.C, USA.
- Perez, P., Maino, M, Tomic, G., Mardones, E., Pokniak, J., 2002. Carcass characteristics and meat quality of suckling lambs. Suffolk Down breeds. Small Rumin. Res., 44, 233-240.
- Pfalzgraf, A., Frigg, M., Steinhart, H., Kirchgessner, M., Roth, F. X., 1995. Influence of dietary fat and vitamin E on the lipids in pork meat. F. Wiss. Techn., 97, 13-20.
- Pikul, J., Leszczynski, D. E., Kummerow, F. A., 1989. Evaluation of tree modified TBA methods for measuring lipid oxidation in chicken meat. J. Agric. FoodChem., 37, 1309-1313.
- Pinto, A. S., Oliveira, T. T., Nagem, T. J., Gomes, S. M., Costa, N. M. B., Oliveira, M. G. A., 1999. Ação de flavonóides sobre os níveis de lipídeos em ratos tratados com triton e seus efeitos antioxidantes. R. Esc. Farm. Odontol., 21, 21-8.
- Rojas, J.J., Ochoa, V. J., Ocampo, S. A., Muñoz, J.F., 2006. Screening for antimicrobial activity of ten medicinal plants used in Colombian folkloric medicine: possible alternative in the treatment of non-nosocomial infections. BMC Complement Alter. Med., 6, 2-12.
- Saldanha, T., Mazalli, M. R., Braganolo, N., 2004. Avaliação comparativa entre dois métodos para determinação do colesterol em carnes e leite. Ciênc. Tec. Alim., 24, 109-113.
- Scollan, N. D.; Choi, N. J.; Kurt, E.; Fisher, A. V.; Enser, M. Wood, J.D., 2001. Manipulating the fatty acid composition of muscle and adipose tissue in beef cattle. British J. Nutr. 85, 115-124.
- Scotter. M. J., 1995. Characterization of the Coloured Thermal Degradation Products of Bixin from Annatto and a Revised Mechanism for their Formation. Food Chemistry, 53, 177-185.
- Sevane, N., Armstrong, E., Cortés, O., Wiener, P., Pong-Wong R., Dunner, S., 2013. Association of bovine meat quality traits with genes included in the PPARG and PPARGC1A networks. Meat Sci., 94, 328-335.
- Shamberger, R. J., Shamberger, B. A., Willis, C. E., 1977. Malonaldehyde content of food. J. Nutr., 107, 1404 – 1409.
- Silman, A. J., Marr, J. W., 1985. Is low energy intake a risk factor for ischaemic heart disease?, Br. Heart J., 53, 624-30.
- Smith, S. B., Gill, C. A., Lunt, D. K., Brooks, M. A., 2009. Regulation of fat and fatty acid composition in beef cattle. J. Anim. Sci., 22, 1225 – 1233.

- Souza, A. V. C. 2008. Avaliação da Qualidade e Valor Nutricional de Óleos e gorduras. Net, São Paulo, ago. 2003. Seção Artigos do Mês. Acesso em: 2/02/ 2014 Disponível em:<http://www.polinutri.com.br/conteudo_artigos_anteriores_agosto03.htm>.
- Ulbricht, T. L. V., Southgate, D. A. T., 1991. Coronary heart disease: seven dietary factors. *The Lancet*, 338. 985-992.
- Zapata, J. F. F., Nogueira, C. M., Seabra, L. M. J., Barros, N. N., Borges, A. S. 2001. Composição centesimal e lipídica da carne de ovinos do nordeste brasileiro. *C. Rural*, 31, 691-695.
- Zhang, L.X., Cooney R.V., Bertram, J.S., 1991. Carotenoids Gap Junction Communication and Inhibit Lipid Peroxidation in C3H/10T1/2 Cells: Relations to Their Cancer Chemopreventive Action. *Carcinogen.*, 12, 2109-2114.

IV-APÊNDICE

Tabela 1A. Dados da composição química bromatológica, índice de peróxido, substância reativa ao ácido tiobarbitúrico, colesterol e bixina da carne de ovinos congelada alimentados com diferentes níveis de bixina.

TRATAMENTO	MS	PB	EE	IP	TBA	COLESTEROL	TRATAMENTO	BIXINA
1 (0,000 g/kg bixina)	533,49	534,05	36,86	5,00	5,99	101,50	1 (0,000 g/kg bixina)	0,000
1 (0,000 g/kg bixina)		533,52	37,52	5,10	6,52	101,70	2 (0,056 g/kg bixina)	0,048
1 (0,000 g/kg bixina)	509,23	505,75	42,33	5,85	11,84	111,20	3 (0,113 g/kg bixina)	0,109
1 (0,000 g/kg bixina)		499,50	42,55	6,05	11,16	111,00	4 (0,169 g/kg bixina)	0,164
1 (0,000 g/kg bixina)	481,74	380,21	55,60	6,20	13,27	103,50		
1 (0,000 g/kg bixina)		364,95	56,01	6,15	17,38	103,60		
1 (0,000 g/kg bixina)	516,52	584,50	36,44	5,15	9,45	125,50		
1 (0,000 g/kg bixina)		568,18	36,12	5,25	8,33	124,00		
1 (0,000 g/kg bixina)	513,26	538,73	42,79	6,50	7,60	105,60		
1 (0,000 g/kg bixina)		539,80	40,67	6,35	8,85	105,50		
1 (0,000 g/kg bixina)	550,75	536,46	43,66	6,25	7,31	106,00		
1 (0,000 g/kg bixina)		534,19	38,24	6,35	7,27	107,00		
1 (0,000 g/kg bixina)	536,33	562,94	38,39	5,75	6,66	133,80		
1 (0,000 g/kg bixina)		537,39	37,99	6,05	6,49	140,70		
1 (0,000 g/kg bixina)	525,02	522,21	42,55	5,55	12,56	114,20		
1 (0,000 g/kg bixina)		535,25	44,89	5,75	12,46	103,80		
2 (0,056 g/kg bixina)	561,52	486,01	42,58	3,75	4,13	99,50		
2 (0,056 g/kg bixina)		484,86	43,84	3,65	4,12	99,40		
2 (0,056 g/kg bixina)	514,59	474,25	44,04	5,20	4,70	97,40		
2 (0,056 g/kg bixina)		483,78	43,01	5,10	4,75	96,60		
2 (0,056 g/kg bixina)	562,58	543,94	37,67	7,15	5,93	96,00		
2 (0,056 g/kg bixina)		565,92	35,85	5,25	5,03	96,20		
2 (0,056 g/kg bixina)	523,72	436,20	45,61	3,25	4,66	95,70		
2 (0,056 g/kg bixina)		443,59	46,40	3,15	4,62	95,50		
2 (0,056 g/kg bixina)	520,05	495,28	47,98	4,10	4,34	93,90		
2 (0,056 g/kg bixina)		496,53	45,62	4,99	4,40	94,00		
2 (0,056 g/kg bixina)	488,16	552,54	38,96	5,90	4,16	93,50		
2 (0,056 g/kg bixina)		518,00	40,63	6,00	4,16	93,70		
2 (0,056 g/kg bixina)	557,96	494,53	40,86	5,25	5,33	92,00		
2 (0,056 g/kg bixina)		476,64	41,53	5,10	5,48	92,20		

Tabela 1A. Dados da composição química bromatológica, índice de peróxido, substância reativa ao ácido tiobarbitúrico, colesterol e bixina da carne de ovinos² congelada alimentados com diferentes níveis de bixina.

TRATAMENTO	MS	PB	EE	IP	TBA	COLESTEROL
2 (0,056 g/kg bixina)	564,57	553,82	38,84	4,80	4,02	94,00
2 (0,056 g/kg bixina)		526,22	39,25	4,85	3,65	93,20
3 (0,113 g/kg bixina)	533,58	460,98	41,58	3,25	2,72	85,80
3 (0,113 g/kg bixina)		455,77	41,04	3,15	2,76	85,40
3 (0,113 g/kg bixina)	531,67	459,70	50,32	3,25	2,97	84,20
3 (0,113 g/kg bixina)		453,13	51,14	3,40	2,98	84,20
3 (0,113 g/kg bixina)	554,74	461,90	45,20	3,35	2,85	83,50
3 (0,113 g/kg bixina)		459,24	44,85	3,40	2,84	83,10
3 (0,113 g/kg bixina)	580,62	496,76	42,25	4,00	3,30	83,60
3 (0,113 g/kg bixina)		493,77	42,20	3,90	3,31	83,70
3 (0,113 g/kg bixina)	550,88	496,04	40,61	3,60	2,92	89,90
3 (0,113 g/kg bixina)		509,19	43,26	3,50	2,91	88,40
3 (0,113 g/kg bixina)	499,02	409,32	52,97	4,70	2,78	86,90
3 (0,113 g/kg bixina)		392,96	54,71	4,65	2,78	86,80
3 (0,113 g/kg bixina)	521,06	414,34	51,55	4,10	3,32	88,00
3 (0,113 g/kg bixina)		418,25	52,85	4,15	3,50	88,30
3 (0,113 g/kg bixina)	560,01	546,77	35,29	3,90	3,56	88,40
3 (0,113 g/kg bixina)		543,82	36,99	4,00	3,54	88,30
4 (0,169 g/kg bixina)	568,95	549,05	42,19	2,15	1,23	73,40
4 (0,169 g/kg bixina)		541,42	37,34	2,05	1,14	73,40
4 (0,169 g/kg bixina)	559,34	467,01	42,56	2,95	2,07	65,20
4 (0,169 g/kg bixina)		455,77	43,46	3,05	2,10	63,90
4 (0,169 g/kg bixina)	529,72	468,29	44,90	1,85	2,34	73,70
4 (0,169 g/kg bixina)		474,58	43,66	1,75	2,44	74,80
4 (0,169 g/kg bixina)	475,22	416,25	53,88	2,70	1,90	71,50
4 (0,169 g/kg bixina)		381,57	53,20	2,82	1,96	71,20
4 (0,169 g/kg bixina)	522,81	532,15	39,20	2,10	1,20	70,70
4 (0,169 g/kg bixina)		508,46	37,89	2,00	1,38	70,10
4 (0,169 g/kg bixina)	310,36	500,25	42,86	2,15	1,83	61,80
4 (0,169 g/kg bixina)		485,04	43,32	2,25	2,09	61,50

Tabela 1A. Dados da composição química bromatológica, índice de peróxido, substância reativa ao ácido tiobarbitúrico, colesterol e bixina da carne de ovinos³ congelada alimentados com diferentes níveis de bixina.

TRATAMENTO	MS	PB	EE	IP	TBA	COLESTEROL
4 (0,169 g/kg bixina)	530,51	470,62	46,78	2,30	0,44	59,40
4 (0,169 g/kg bixina)		470,49	45,62	2,35	0,64	54,20
4 (0,169 g/kg bixina)	572,46	538,19	38,92	2,35	2,68	50,80
4 (0,169 g/kg bixina)		543,82	39,54	2,25	2,52	50,50

Tabela 2A. Dados do Perfil de ácido graxos da carne congelada de ovinos alimentados com diferentes níveis de bixina.

TRATAMENTO	C14:0	C15:0	C16:0	C16:1	C17:0	C18:0	C18:1	C18:2	C18:3	C18:2 c9,t11	C18:2 t10,c12	C18:1 t11	C22:0
1	26,69	6,85	246,33	36,99	21,96	125,85	333,41	37,47	1,10	1,08	0,35	0,00	0,84
1	25,18	5,17	100,76	36,31	15,35	125,25	414,45	15,31	2,92	3,17	0,78	55,05	1,95
1	23,10	3,45	130,73	31,02	21,65	131,34	441,40	16,68	4,11	4,22	0,53	48,21	1,65
1	37,44	7,06	287,55	33,20	24,75	177,23	354,42	130,58	0,14	0,13	0,03	33,60	0,11
1	29,41	4,71	253,68	37,21	16,73	221,58	333,77	36,54	1,84	1,33	0,28	40,69	0,62
1	34,79	6,38	268,01	38,56	17,87	115,51	279,06	951,86	0,52	0,46	0,09	24,97	0,16
1	29,88	9,44	256,44	36,03	24,52	154,23	355,19	103,64	0,48	0,48	0,13	42,06	0,28
1	42,90	8,29	353,60	43,56	23,44	204,39	215,51	102,29	0,00	0,65	0,09	24,96	0,25
2	36,34	10,71	299,54	45,00	20,96	133,25	331,23	96,93	0,79	0,81	0,07	45,24	0,36
2	35,96	7,08	293,82	48,07	18,43	136,72	369,39	102,11	0,64	0,58	0,07	43,28	0,41
2	39,03	7,28	262,72	38,29	16,17	159,93	369,31	109,16	0,68	0,64	0,11	44,31	0,53
2	36,42	8,64	283,88	26,81	20,17	118,13	398,24	74,30	0,61	0,48	0,14	45,31	0,54
2	39,25	6,90	281,71	31,71	19,43	118,99	384,47	79,52	0,74	0,84	0,17	47,61	0,55
2	55,29	13,53	294,37	31,46	18,89	114,34	384,51	150,84	0,15	0,17	0,04	40,02	0,16
2	34,01	6,88	265,19	38,41	19,80	175,62	359,32	100,49	0,75	0,68	0,13	35,45	0,39
2	41,53	7,49	295,65	30,98	16,65	154,35	370,66	80,69	0,19	0,35	0,06	43,24	0,28
3	36,67	7,01	252,18	28,41	18,30	146,31	396,61	98,64	0,50	0,72	0,25	43,54	0,79
3	48,94	10,26	250,90	38,06	19,14	104,73	413,51	98,33	0,58	0,73	0,17	56,00	0,46
3	18,18	3,54	212,28	26,19	14,41	169,76	428,84	24,77	2,46	2,26	0,72	55,13	3,05
3	30,24	11,87	255,82	40,22	22,67	70,09	439,11	97,66	0,62	0,74	0,30	53,98	0,68
3	24,36	4,47	218,62	30,45	15,68	235,55	361,79	79,38	0,95	1,31	0,21	43,28	0,88
3	35,04	11,70	262,16	44,56	22,48	67,69	431,64	106,09	0,40	0,39	0,13	52,33	0,51
3	43,79	6,40	219,94	22,16	11,84	217,80	382,28	47,87	0,57	0,48	0,23	50,92	0,78
3	25,98	4,47	217,01	23,79	15,19	142,94	447,48	50,57	1,51	2,50	0,34	52,67	1,68
4	31,84	6,60	261,00	19,70	21,78	164,55	391,89	102,39	0,39	7,43	0,00	47,96	0,46
4	32,17	4,77	252,67	31,47	16,67	101,50	431,96	96,67	0,88	0,73	0,25	56,66	0,87
4	26,17	5,73	184,92	20,26	13,14	86,20	316,36	992,36	0,42	0,66	0,23	39,26	0,54
4	101,93	5,59	307,67	27,70	17,71	115,37	417,02	244,91	0,14	0,18	0,05	21,04	0,18
4	8,53	0,74	27,36	4,05	3,27	12,91	62,59	78,90	0,09	0,11	0,04	7,74	0,18
4	11,37	0,58	27,97	3,22	1,93	42,68	66,24	49,06	0,16	0,16	0,04	6,88	0,17

Tabela 2A. Dados do Perfil de ácido graxos da carne congelada de ovinos alimentados com diferentes níveis de bixina.

TRATAMENTO	C14:0	C15:0	C16:0	C16:1	C17:0	C18:0	C18:1	C18:2	C18:3	C18:2 c9,t11	C18:2 t10,c12	C18:1 t11	C22:0
4	16,28	1,03	38,84	4,15	2,68	48,26	82,58	50,38	0,20	0,20	0,06	9,38	0,18
4	16,76	0,95	44,19	3,44	2,85	69,81	81,71	61,38	0,18	0,20	0,05	9,45	0,18

Tabela 2A. Dados do Perfil de ácido graxos da carne congelada de ovinos alimentados com diferentes níveis de bixina.

TRATAMENTO	OUTROS	SATURADOS	MUFA	PUFA	INSATURADOS	TRANS	I_S	I_ARTE
1	409,79	428,53	531,47	40,00	571,47	137,11	1,33	0,62
1	75,72	273,65	547,76	22,18	569,94	58,99	2,08	0,35
1	213,90	311,92	551,17	25,54	576,71	52,96	1,85	0,39
1	159,51	538,09	447,31	130,88	578,18	33,76	1,07	0,76
1	154,68	527,35	431,18	39,99	471,17	42,30	0,89	0,79
1	136,02	449,07	369,60	952,92	1322,53	25,52	2,95	0,31
1	160,48	480,47	473,61	104,73	578,34	42,67	1,20	0,65
1	135,05	638,64	306,76	127,99	434,75	25,70	0,68	1,21
2	86,20	516,64	450,69	98,61	549,30	46,12	1,06	0,83
2	81,87	497,77	479,39	103,40	582,80	43,94	1,17	0,75
2	81,88	490,31	476,07	110,60	586,68	45,07	1,20	0,71
2	57,93	471,43	494,93	75,54	570,47	45,93	1,21	0,75
2	138,25	471,61	491,07	81,26	572,34	48,61	1,21	0,77
2	59,26	502,86	481,93	151,20	633,13	40,23	1,26	0,82
2	78,42	505,74	463,29	102,05	565,34	36,25	1,12	0,71
2	100,43	519,84	467,76	81,30	549,06	43,66	1,06	0,84
3	66,39	465,51	490,40	100,10	590,51	44,51	1,27	0,68
3	178,72	439,05	532,77	99,81	632,58	56,90	1,44	0,71
3	226,58	422,67	533,69	30,21	563,90	58,10	1,33	0,51
3	195,20	396,86	568,47	99,31	667,79	55,01	1,68	0,57
3	126,13	502,25	457,32	81,85	539,17	44,80	1,07	0,59
3	164,62	402,90	568,88	107,01	675,88	52,85	1,68	0,60
3	182,92	506,67	472,20	49,15	521,34	51,63	1,03	0,77
3	88,99	410,48	542,24	54,93	597,17	55,52	1,45	0,54
4	189,27	490,55	478,29	110,20	588,50	55,38	1,20	0,66
4	170,94	413,09	540,65	98,53	639,18	57,65	1,55	0,60
4	147,12	319,61	391,93	993,67	1385,60	40,15	4,34	0,21
4	153,70	553,16	497,10	245,28	742,38	21,27	1,34	0,96
4	10,54	56,44	77,12	79,15	156,28	7,89	2,77	0,39
4	18,27	85,28	78,69	49,43	128,12	7,09	1,50	0,57

Tabela 2A. Dados do Perfil de ácido graxos da carne congelada de ovinos alimentados com diferentes níveis de bixina.

TRATAMENTO	OUTROS	SATURADOS	MUFA	PUFA	INSATURADOS	TRANS	I_S	I_ARTE
4	20,82	107,99	99,95	50,83	150,78	9,63	1,40	0,69
4	33,09	135,35	96,91	61,82	158,73	9,70	1,17	0,70

1

Tabela 3A. Dados da composição química bromatológica, bixina e perfil de ácido graxo dos alimentos da dieta.

ALIMENTOS	MS	EE	BIXINA	C14:0	C16:0	C18:0	C18:1	C18:2	C18:3	OUTROS
MILHO, GRÃO	872,9	-	-	2,80	12,30	11,43	33,29	10,58	0,19	24,93
FENO TIFTON	-	-	-	5,47	7,99	2,95	13,59	17,49	0,02	48,30
REC	832,3	89,3	5,65	2,55	12,75	9,32	18,21	18,97	0,16	32,22

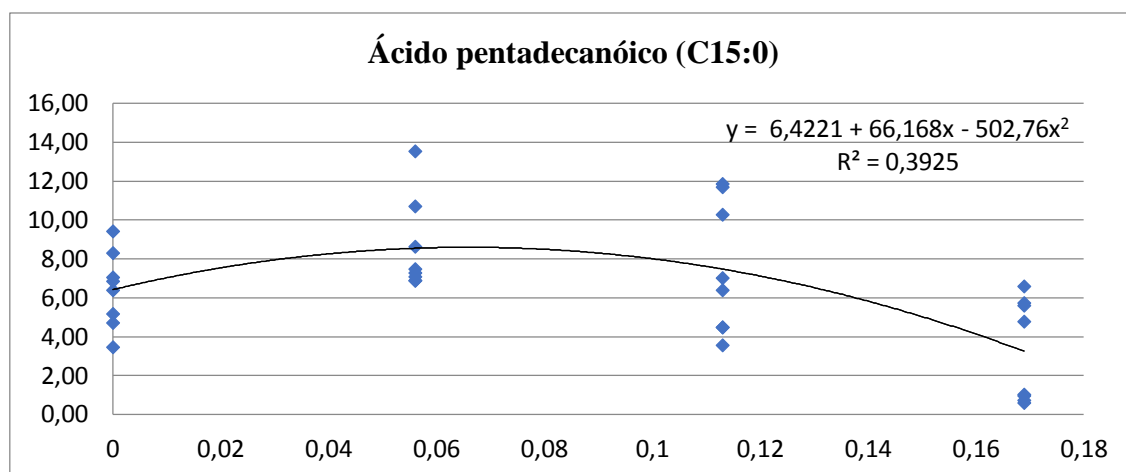


Figura 1A. 1 comportamento do ácido pentadecanóico no perfil de ácido graxo da carne de ovinos alimentados com diferentes níveis de bixina.

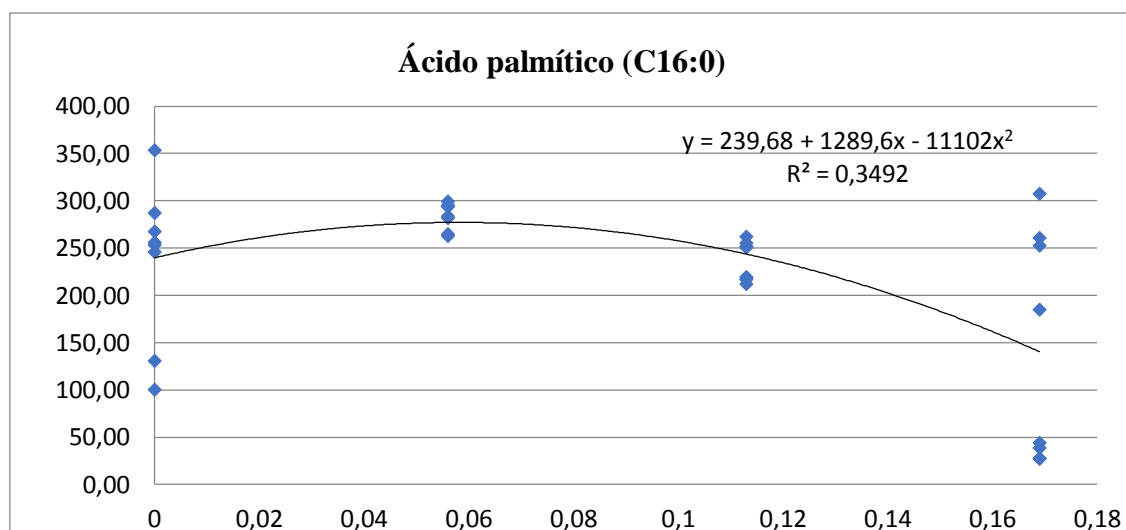


Figura 2A. 1 comportamento do ácido palmítico no perfil de ácido graxo da carne de ovinos alimentados com diferentes níveis de bixina.

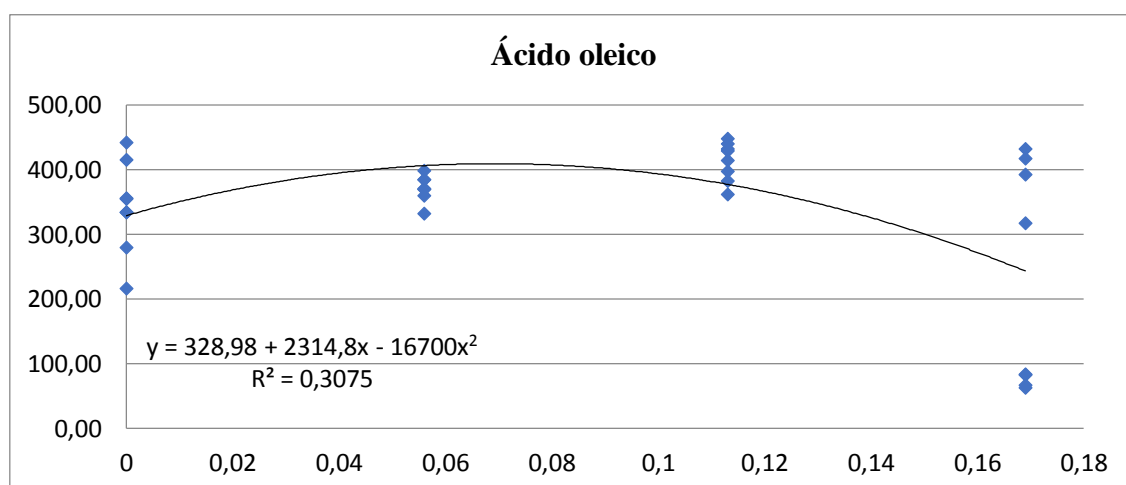


Figura 3A. 1 comportamento do ácido oleico no perfil de ácido graxo da carne de ovinos alimentados com diferentes níveis de bixina

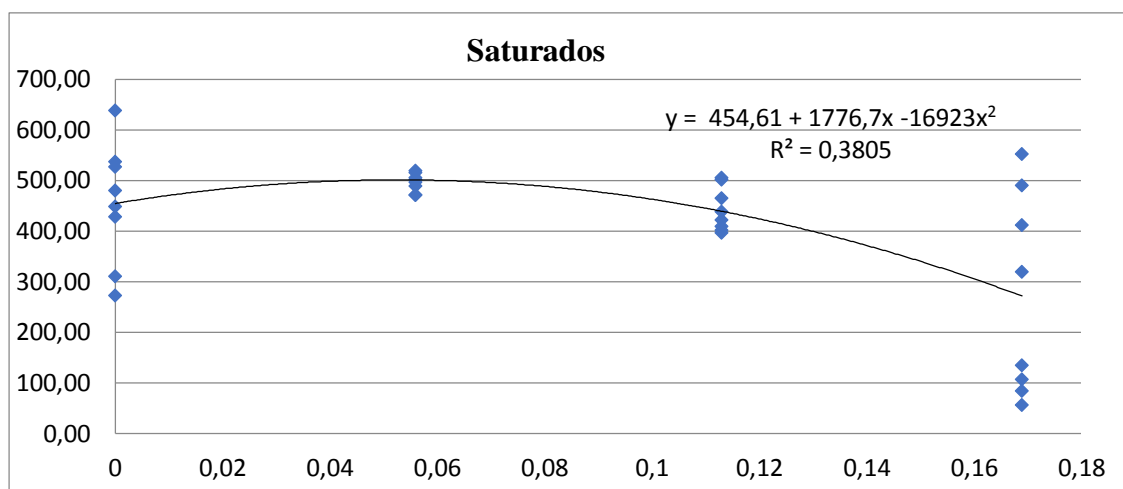


Figura 4A. 1 comportamento dos ácidos saturados no perfil de ácido graxo da carne de ovinos alimentados com diferentes níveis de bixina

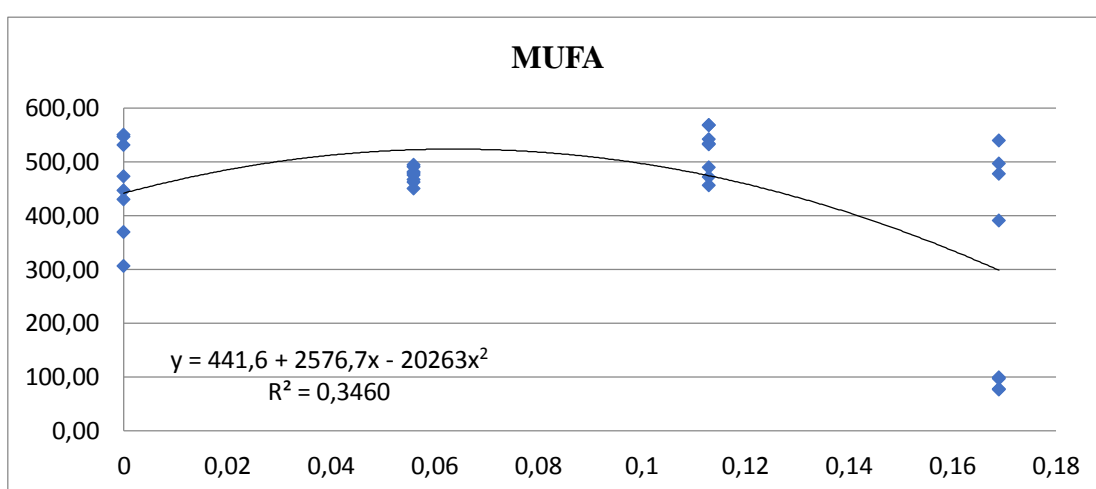


Figura 5A. 1 comportamento dos MUFA no perfil de ácido graxo da carne de ovinos alimentados com diferentes níveis de bixina.

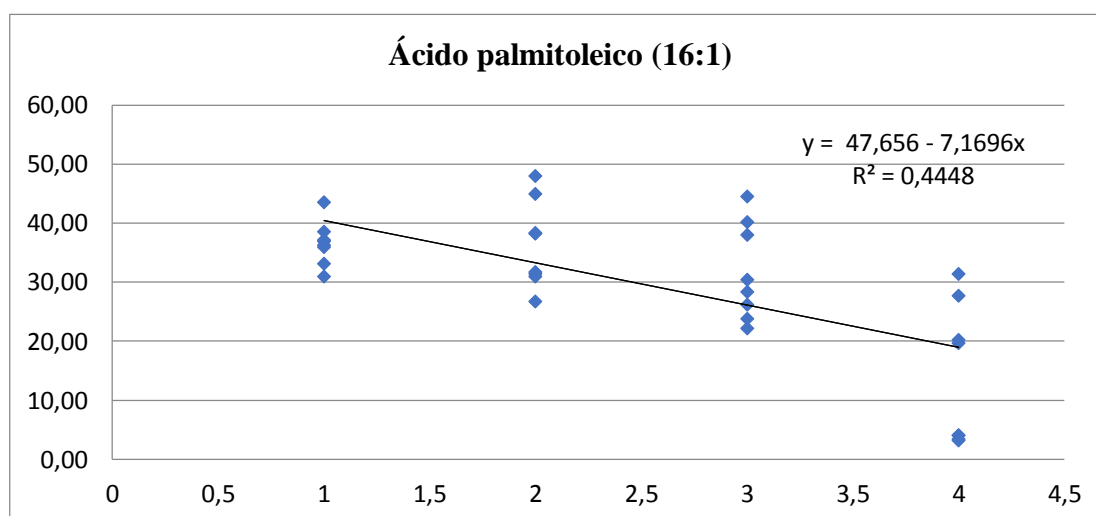


Figura 6A. 1 Comportamento do ácido palmítico no perfil de ácido graxo da carne de ovinos alimentados com diferentes níveis de bixina.

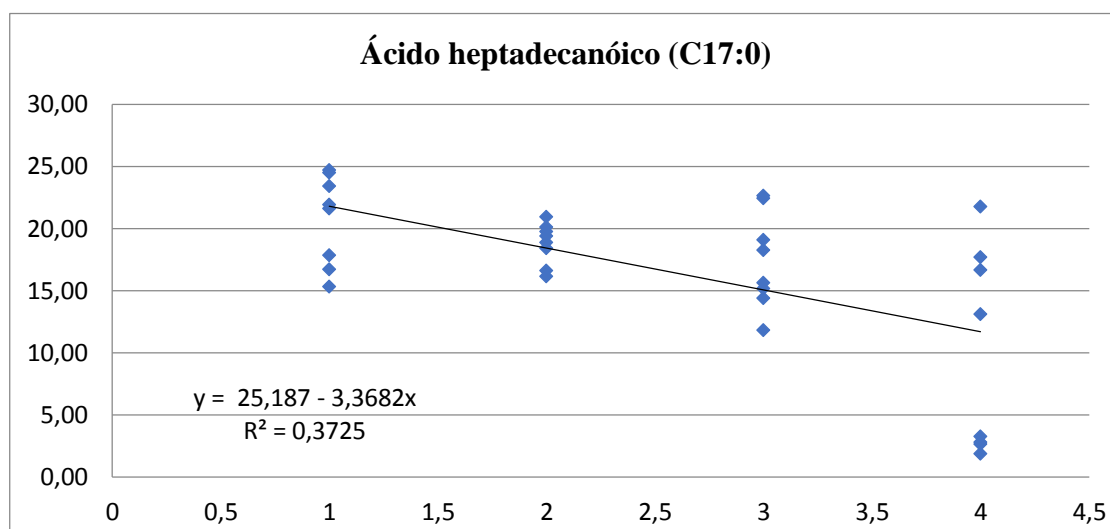


Figura 7A. 1 Comportamento do ácido heptadecanóico no perfil de ácido graxo da carne de ovinos alimentados com diferentes níveis de bixina

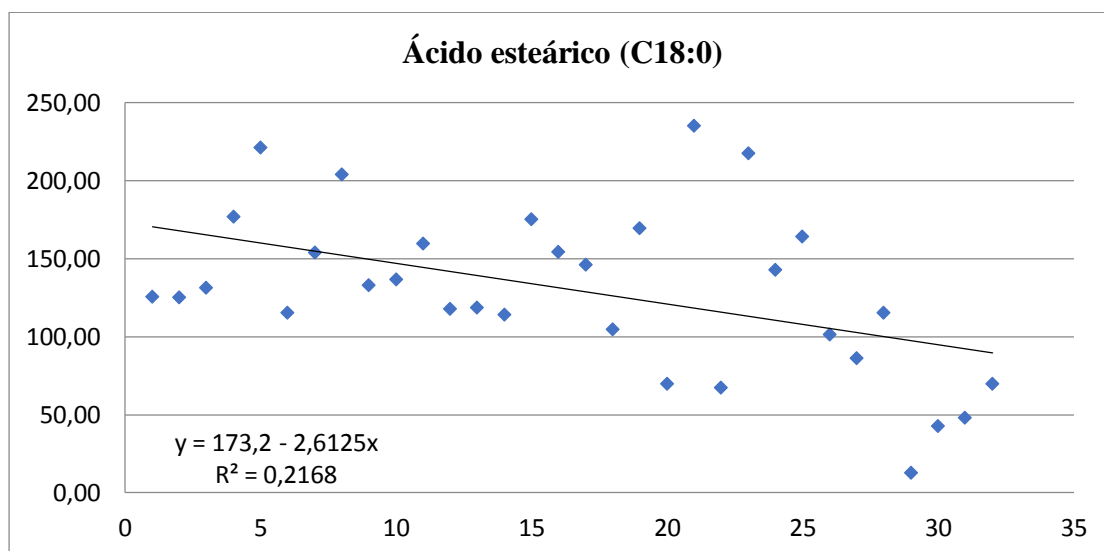


Figura 8A. 1 Comportamento do ácido esteárico no perfil de ácido graxo da carne de ovinos alimentados com diferentes níveis de bixina