

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS

DESEMPENHO PRODUTIVO E CARACTERÍSTICAS DA
CARCAÇA E DA CARNE DE BOVINOS (ANGUS *vs.* NELORE)
TERMINADOS EM CONFINAMENTO COM ADITIVOS NA
DIETA E DE HOLANDESES CASTRADOS EM DIFERENTES
IDADES

Autor: Carlos Alberto Fugita
Orientador: Prof. Dr. Ivanor Nunes do Prado

MARINGÁ
Estado do Paraná
novembro – 2013

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS

DESEMPENHO PRODUTIVO E CARACTERÍSTICAS DA
CARCAÇA E DA CARNE DE BOVINOS (ANGUS *vs.* NELORE)
TERMINADOS EM CONFINAMENTO COM ADITIVOS NA
DIETA E DE HOLANDESES CASTRADOS EM DIFERENTES
IDADES

Autor: Carlos Alberto Fugita
Orientador: Prof. Dr. Ivanor Nunes do Prado

Tese apresentada, como parte das exigências para a obtenção do título de DOUTOR EM ZOOTECNIA, no programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Estadual de Maringá – Área de concentração – Produção Animal.

MARINGÁ
Estado do Paraná
novembro – 2013

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)
(Biblioteca Central - UEM, Maringá – PR., Brasil)

F958d

Fugita, Carlos Alberto
Desempenho produtivo e características da carcaça e da carne de bovinos (angus vs nelore) terminados em confinamento com aditivos na dieta e de holandeses castrados em diferentes idades / Carlos Alberto Fugita. -- Maringá, 2013.
ii-x, 91f. : il., figs., tabs.

Orientador: Prof. Dr. Ivanor Nunes do Prado.
Tese (doutorado) - Universidade Estadual de Maringá, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, 2013.

1. Carne bovina - Característica da carcaça. 2. Bovinos - Confinamento - Qualidade da carne. 3. Bovino de corte - Sistema de Produção. 4. Carne bovina - Composição química. 5. Carne bovina - Óleos essenciais. 6. Óleos essenciais - Aditivo - Nutrição de ruminantes. 7. Levedura - Nutrição - Desempenho.
I. Prado, Ivanor Nunes do, orient. II. Universidade Estadual de Maringá. Centro de Ciências Agrárias. Programa de Pós-Graduação em Zootecnia.
III. Título.

CDD 21 .ed. 636.213

MN-001384



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS

**DESEMPENHO PRODUTIVO E CARACTERÍSTICAS DA
CARÇAÇA E DA CARNE DE BOVINOS (ANGUS VS
NELORE) TERMINADOS EM CONFINAMENTO
COM ADITIVOS NA DIETA E DE HOLANDESES
CASTRADOS EM DIFERENTES IDADES**

Autor: Carlos Alberto Fugita
Orientador: Prof. Dr. Ivanor Nunes do Prado

TITULAÇÃO: Doutor em Zootecnia - Área de Concentração Produção
Animal

APROVADA em 29 de novembro de 2013.

Prof. Dr. Francisco de Assis
Fonseca de Macedo

Prof. Dr. Ulysses Cecato

Prof. Dr. Grasielle Scaramal
Madrona

Prof. Dr. Ana Maria Bridi

Prof. Dr. Ivanor Nunes do Prado
(Orientador)

EPÍGRAFE

“Rir muito e com frequência; ganhar o respeito de pessoas inteligentes e o afeto das crianças; merecer a consideração de críticos honestos e suportar a traição de falsos amigos; apreciar a beleza, encontrar o melhor nos outros; deixar o mundo um pouco melhor, seja por uma saudável criança, um canteiro de jardim ou uma redimida condição social; saber que ao menos uma vida respirou mais fácil porque você viveu. Isso é ter tido sucesso.”

Ralph Waldo Emerson

A Deus, por me dar saúde e força interior para concluir este trabalho e pela perseverança de não desistir nunca.

Aos meus pais: Ioshito Fugita e Teresa Hiroko Moritaca Fugita, por todo o amor e por sempre me apoiarem e incentivarem em busca de novas realizações.

Às minhas irmãs, Fabiana Fugita e Cristiane Fugita, meu cunhado Luis Martins e minha sobrinha Marina Martins, por todo o carinho e cuidado.

À minha noiva, Jaqueline Manzatti da Silva, por sempre me incentivar, mesmo estando distante em alguns momentos e por todo o carinho e cuidado.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

À Universidade Estadual de Maringá e ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, pela oportunidade de realizar este trabalho.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudos no Brasil e concessão da bolsa de estudos no exterior.

À empresa Vet Science Nutracêuticos LTDA, pela oportunidade oferecida e apoio para a realização deste trabalho.

Ao Prof. Dr. Ivanor Nunes do Prado, pela orientação, paciência e pelos preciosos ensinamentos que tanto contribuem para o meu crescimento científico e intelectual.

Ao Prof. Dr. Jair de Araujo Marques (*In memorian*), por todas as orientações pessoais e profissionais, pelos valores de justiça e ética, e me fazer acreditar que posso ir mais além.

Ao Prof. Dr. Carlos Sañudo Astiz e sua esposa Maria del Carmen, por todos os ensinamentos e bons momentos proporcionados.

Aos Prof^ª. Dr^ª. Maria del Mar Campo Arribas e ao Prof. Dr. Jose Luis Olleta, por todo o apoio e orientações.

À Prof^ª. Dr^ª. Grasielle Scaramal Madrona, ao Prof. Dr. Jesui Vergilio Visentainer, e ao Prof. Dr. Francisco de Assis Fonseca de Macedo, pelo auxílio e orientações nas análises.

realizadas e aos demais professores do Programa de Pós-graduação em Zootecnia da UEM, pelos ensinamentos.

Aos amigos de curso, Carlos Eiras, Dayane Cristina Rivaroli, Fernando Zawadzki, Maribel Velandia Valero, Roberto Haruyoshi Ito, Rodolpho Martin do Prado pela amizade, companheirismo e auxílio no desenvolvimento deste trabalho.

Aos amigos, Adriana Pinto, Camila Carvalho, Giovani Michelin, Juliana Torrecilhas, Lorryny Silva, Lucas Salgado, Mariana Ornaghi, Marival Oliveira, Olga Cruz, Renan Burali, Renato Manarelli, Rodrigo Passetti, Victor Sato, por me ajudarem a concretizar este sonho.

Aos meus amigos da Espanha, Alan Duarte, Alexi Mendonza, Ana Guerrero, Carlos Hedman, Carlos Michel, Cesar Teixeira, Hiran Alejandro, Jackeline Kirinus, Julia Pomed, Juan Cante, Leticia Mur, Luca Bellomo, Moez Saied, Rocio Pinal, Sinue Ontiveros, Wiston Stanley.

Aos meus amigos, Fagner Vieira, Fernando Franco, Fernando Tavernari, Luis Vitor Vidal, Matheus Tokairin, Rafael Kuradomi, Thiago Tardivo e Túlio Otávio Lins, por todos os bons momentos juntos.

A todos os colegas da Pós-graduação que sempre me ajudaram e incentivaram.

Ao funcionário da Fazenda Experimental de Iguatemi, José Carlos da Silva, por toda ajuda e amizade.

Aos funcionários do Laboratório de Análises de Alimentos e Nutrição Animal do Departamento de Zootecnia da UEM, pelo auxílio da realização das análises.

A todos que direta e indiretamente colaboraram para a realização deste trabalho, meus sinceros agradecimentos.

BIOGRAFIA

CARLOS ALBERTO FUGITA, filho de Ioshito Fugita e Teresa Hiroko Moritaca Fugita, nasceu no município de Assis, Estado de São Paulo, Brasil no dia 28 de outubro de 1982.

Formado em Zootecnia, pela Universidade Estadual de Maringá, Maringá – Paraná, em dezembro de 2007.

Obteve o título de mestre em Zootecnia em março de 2010, pelo Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Estadual de Maringá, na área de concentração Produção Animal, realizando estudos na área de Produção de Ruminantes.

Iniciou o doutorado no mês de março de 2010, pelo Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Estadual de Maringá, e, no mês de outubro de 2012, iniciou o doutorado sanduíche na Universidad de Zaragoza, Espanha, permanecendo por 11 meses nesta instituição.

ÍNDICE

	Pág.
LISTA DE FIGURAS	x
RESUMO	1
ABSTRACT	4
CONSIDERAÇÕES INICIAIS	6
1. Introdução	6
2. Aditivos naturais	10
2.1. Orégano (<i>Origanum vulgare</i>)	10
2.2. Caju (<i>Anacardium occidentale</i>)	12
2.3. Mamona (<i>Ricinus communis</i> L.)	14
2.4. Levedura (<i>Saccharomyces cerevisiae</i>)	15
3. Interação entre compostos	18
4. Literatura citada	19
OBJETIVOS GERAIS	25
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	26
I - Aditivos naturais na dieta de bovinos (Angus vs. Nelore) terminados em confinamento: Desempenho animal e características de carcaça	27
RESUMO	27
I - Natural additives in the diets on animal performance and carcass characteristics of bulls (Angus vs. Nellore) finished in feedlot	28
ABSTRACT	28
1. Introdução	29
2. Material e Métodos	30
2.1. Local	30
2.2. Animais e instalações	30

2.3. Alimentação	31
2.4. Tratamentos	31
2.5. Coleta de amostras e cálculos.....	32
2.6. Análises laboratoriais	33
2.7. Análises estatísticas.....	34
3. Resultados e discussão	34
4. Conclusões	38
5. Literatura Citada.....	39
II - Aditivos naturais na dieta de bovinos (Angus vs. Nelore) terminados em confinamento: característica da carne e composição química do músculo <i>Longissimus</i>	42
Resumo	42
II - Additives in the diet of bulls (Angus vs. Nellore) finished in feedlot: meat characteristics and chemical composition of <i>Longissimus</i> muscle	44
Abstract.....	44
1. Introdução.....	45
2. Material e Métodos.....	47
2.1. Local.....	47
2.2. Animais e instalações	47
2.3. Alimentação	47
2.4. Tratamentos	47
2.5. Coleta de amostras e cálculos.....	48
2.6. Análises laboratoriais	48
2.7. Análises estatísticas.....	50
3. Resultados e discussão	50
4. Conclusões	56
5. Literatura citada.....	63
III - Effects of castration age, protein level and lysine/methionine ratio in the diet on colour, lipid oxidation, and meat acceptability of intensively reared Friesian steers.....	70
Abstract.....	70
1. Introduction	71
2. Materials and methods.....	72
2.1. Animals and treatments	72
2.2. Sampling.....	72
2.3. Meat colour	73
2.4. Visual acceptability of the meat	73
2.5. Lipid oxidation analysis (TBARS).....	73

2.6. Consumer test.....	73
2.7. Statistical analyses.....	74
3. Results and discussion.....	75
3.1. Meat colour	75
3.2. Visual acceptability of the meat	77
3.3. Lipid oxidation (TBARS).....	77
3.4. Consumer test.....	78
4. Conclusions	79
5. References	87

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	6
Figura 1. Estrutura molecular do carvacrol.....	11
Figura 2. Estrutura química dos principais compostos presentes nos óleos do <i>Anacardium occidentale</i>	13
Figura 3. Estrutura do ácido ricinoléico (ácido <i>cis</i> -12-hidroxiocetadec-9-enóico.....	15
Figura 4. Esquema descrevendo o modo de ação da levedura.....	18

RESUMO

A necessidade da obtenção de produtos naturais como alternativa ao uso de antibióticos, utilizados como promotores de crescimento na alimentação animal faz com que novas pesquisas avaliem a eficiência destes compostos. O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da adição de aditivos naturais na dieta de bovinos terminados em confinamento e os efeitos relacionados à produção animal e qualidade da carne. No presente estudo, foram realizados dois experimentos: o experimento 1 foi realizado para avaliar o desempenho, as características de carcaça e a composição química do músculo *Longissimus* de 48 bovinos (Angus vs. Nelore) não castrados terminados em confinamento por 94 dias com a adição de diferentes aditivos às dietas. O experimento foi conduzido em um experimento inteiramente casualizado e distribuídos em 4 tratamentos: Testemunha (TES), Óleos essenciais (OLI), Confimax (MAX) e Levedura (LEV). A idade média inicial foi de 22 meses e o peso vivo de 318 ± 30 kg. Os animais foram abatidos com uma média de 468 ± 45 kg. A razão volumoso/concentrado foi de 50%. No tratamento OLI, foi adicionado 4 g/animal/dia de óleos essenciais de mamona e de caju. No tratamento MAX, foi adicionado 10 g/animal/dia de uma mistura de óleo de orégano, mamona, caju e levedura. No tratamento LEV, foi adicionado 5 g/animal/dia de levedura. Os resultados foram submetidos em uma análise de variância. A comparação de médias foi realizada pelo teste de Tukey a 5% de significância. O tratamento MAX resultou em maior peso vivo final e ganho de peso diário em relação ao tratamento TES. Todavia, o peso final e ganho de peso diário foram semelhantes para os animais dos tratamentos TES e LEV com os demais tratamentos. A adição de aditivos não alterou a ingestão de alimentos e a conversão alimentar. Os animais do tratamento MAX obtiveram um

maior PCQ em comparação aos animais do tratamento OLI. Não foi observado efeito ($p>0,05$) com a adição de aditivos no rendimento de carcaça quente, espessura de gordura de cobertura e marmorização. Não houve efeito da adição de diferentes aditivos na dieta os teores de umidade, cinzas e lipídeos totais no músculo *Longissimus*. Os teores de proteína bruta foram maiores na carne dos bovinos alimentados com as dietas MAX e LEV. A força de cisalhamento foi modificada ($p<0,01$), os animais que receberam a dieta MAX obtiveram carnes mais macias em relação aos animais do tratamento LEV. O tratamento OLI apresentou menor perda por cocção em comparação ao tratamento TES. Os parâmetros de cor não foram modificados ($p>0,05$) com a inclusão de aditivos na dieta. A maioria dos ácidos graxos no músculo *Longissimus* não foi alterada com a inclusão de aditivos na dieta. O ácido mirístico foi maior no tratamento TES em relação ao tratamento OLI. O ácido palmítico apresentou maiores resultados no tratamento TES, OLI e MAX em comparação ao tratamento LEV. O ácido oléico foi maior no tratamento LEV do que no tratamento MAX. A percentagem total de AGS, AGMI, AGPI, *n-3*, *n-6* e as razões entre AGPI/AGS e *n-6/n-3* não foram alteradas com a inclusão de aditivos na dieta. A inclusão de um maior número de aditivos (Confimax) na dieta de bovinos (Angus vs. Nelore) demonstrou uma melhora nos parâmetros produtivos e em alguns parâmetros de qualidade de carne analisados, desta forma, a inclusão deste tipo de aditivo na dieta de bovinos confinados é recomendada. O experimento 2 foi realizado para avaliar o efeito da idade de castração (15 dias ou 5 meses de idade), o nível de proteína na dieta (13% ou 15%) e a razão lisina / metionina (3,0 ou 3,4) na qualidade da carne de 64 novilhos Holandês terminados em confinamento. A idade de castração não teve efeito na coloração da carne acima de 12 dias de exposição em uma vitrine comercial. O nível protéico da dieta e relação Lis / Met teve pouco ou nenhum efeito sobre os parâmetros L^* e b^* da carne durante o período de exposição. Os valores de a^* foram maiores na carne de animais que foram alimentados com um nível de proteína baixo e razão baixa de Lis / Met na dieta. Aceitabilidade visual da carne diminuiu rapidamente ao longo de 9 dias de exposição. Diferenças entre os tratamentos foram observadas ($p<0,01$), exceto no dia 9. A oxidação lipídica da carne não diferiu significativamente entre os grupos, no entanto, a aceitação do consumidor foi mais elevada para a carne de bovinos que foram alimentados com um nível elevado de proteína e dieta com alta razão de Lis / Met.

Palavras chave: *Anacardium occidentale*, carvacrol, consumidores, levedura, óleos essenciais, *Ricinus communis*

ABSTRACT

The necessity of obtaining natural products as an alternative to antibiotics used as growth promoters in animal feed causes new researches to evaluate the efficiency of these compounds. The objective of this study was to evaluate the effect of adding natural additives in the diet of cattle finished in feedlots and the effects related to animal production and meat quality. This study was carried out in two experiments: Experiment 1 was conducted to evaluate the performance, carcass characteristics and chemical composition of the *Longissimus* muscle of 48 bulls (Angus vs. Nellore) finished in feedlot for 94 days, with the inclusion of different additives in the diets. The experiment was conducted in a completely randomized way and distributed into four treatments: Control (TES), essential oils (OLI), confimax (MAX) and yeast (LEV). The bulls had initial average age of 22 months and live weight of 318 ± 30 kg. Bulls were slaughtered with final average weight of 468 ± 45 kg. Roughage/concentrate ratio was 50%. In the OLI treatment, 4 g / animal / day of essential oils from castor and cashew were added to the diet; in the MAX (CONFIMAX[®]) treatment, 10 g / animal / day of a mixture with oregano, castor, cashew and yeast oil was added to the diet; and in the LEV treatment, 5 g / animal / day of yeast was added to the diet. The results were submitted to an analysis of variance. The comparison of means was performed by the Tukey test at 5% significance. MAX treatment resulted in a higher final live weight and daily weight gain than OLI treatment, and the TES and LEV treatments were similar to both treatments. The addition of additives did not alter food intake and feed conversion. The animals in the MAX treatment achieved a greater HCW than those in the OLI treatment. No effect ($p > 0.05$)

was observed with the addition of additives in hot carcass yield, backfat thickness and marbling. The inclusion of additives had no effect on moisture, ash and total lipid levels on the *Longissimus* muscle. The crude protein levels were higher in the meat from bulls fed MAX and LEV diets. The shear force was modified ($p < 0.01$), animals that received the MAX diet had tenderer meat compared to animals that received the LEV diet. The OLI treatment had lower cooking loss compared to treatment TES. The color parameters were not modified ($p > 0.05$) with the inclusion of additives in the diet. Most fatty acids in the Longissimus muscle were not altered by the inclusion of additives in the diet. Myristic acid was higher in the TES treatment compared to OLI treatment. Palmitic acid showed higher results in the TES, OLI and MAX diet compared to the LEV diet. The oleic acid was higher in the LEV treatment in comparison with the MAX treatment. The percentage of total SFA, MUFA, PUFA, *n*-3, *n*-6, and the ratio between PUFA / SFA and *n*-6/*n*-3 were not changed by the inclusion of additives in the diet. The inclusion of a greater number of additives (Confimax) in the diet of cattle (Angus vs. Nellore) showed an improvement in the productive parameters and in some meat quality parameters that were analyzed, in this way, the inclusion of these additives in the diet of cattle in feedlot is recommended. Experiment 2 was carried out to evaluate the effects of castration age (15 d vs. 5 mo), dietary protein level (13% vs. 15%) and lysine/methionine (lys/met) ratio (3.0 vs. 3.4) on meat quality of sixty-four intensively reared Friesian steers. Castration age did not affect meat colour over 12 days of display in a commercial display. Dietary protein level and lys/met ratio had little or no effect on L* and b* parameters of the meat over the display period, but a* values were higher in the meat from animals fed a low protein level and low lys/met ratio diet. Visual acceptability of the meat declined throughout the 9-d display period more rapidly. Differences among the treatments were observed except on day 9. Lipid oxidation of the meat did not differ significantly among the treatment groups; however, consumer acceptability tended to be higher for the meat from steers that were fed a high protein level and high lys/met ratio diet.

Key words: *Anacardium occidentale*, carvacrol, consumers, yeast, essential oils, *Ricinus communis*

CONSIDERAÇÕES INICIAIS

1. Introdução

O Brasil há vários anos vem se mantendo como um dos principais produtores e exportadores de carne bovina no mundo, com um total de 188,5 milhões de cabeças (ANUALPEC, 2013), sendo este rebanho o segundo maior do mundo, ficando atrás da Índia, com aproximadamente 330 milhões de cabeças, porém não tendo como finalidade o consumo de seus produtos cárneos. As exportações brasileiras atingiram um patamar de 1,53 milhão de toneladas de equivalente carcaça no ano de 2012, um total de mais de 24% das exportações mundiais, sendo distribuídas para diversos países em praticamente todos os continentes, sendo os maiores importadores da carne congelada a Rússia, Irã e o Egito (ANUALPEC, 2013).

Uma das principais características da pecuária brasileira é o sistema de produção estabelecido, no qual, para a criação bovina no Brasil o sistema extensivo representa mais de 90% do total da produção de carne (ANUALPEC, 2013). A utilização deste é devido basicamente pelas condições favoráveis que se observa em território nacional, como exemplo, as grandes extensões territoriais, que como a agricultura, a cada dia ganha mais espaço com a agregação de mais áreas advindas do desflorestamento, que muitas vezes feitas de forma ilegal. Da mesma forma, o baixo custo da terra, em comparação com a de outros países que competem com o Brasil na produção e exportação de produtos cárneos, e o baixo investimento necessário para a execução deste sistema de produção, favorecem ainda mais o cenário da pecuária.

Entretanto, a utilização deste tipo de sistema possui alguns gargalos que muitas vezes levam o produtor rural a ter uma baixa rentabilidade, e por algumas vezes até em prejuízo se manejadas de forma equivocada. Uma das dificuldades encontradas no manejo deste sistema é a sazonalidade da produção das forrageiras tropicais, o qual no período de chuvas, crescem de forma satisfatória, mas no período seco, torna a produção e qualidade destas aquém de suprir as exigências nutricionais dos animais (Moreira et al., 2004; Moreira et al., 2003).

Com a redução da quantidade e qualidade dos alimentos disponíveis nesta época do ano, frequentemente ocorre uma redução no ganho de peso diário ou até mesmo a perda de peso dos animais, tamanho o déficit nutricional a que está exposto, desta forma, os animais permanecem sem as condições necessárias para o desenvolvimento normal, não conseguindo produzir tudo o que seu potencial genético prediz. Com estas retrogradas práticas de manejo utilizadas, os animais atingem de forma tardia o peso de abate e acabamento de gordura de cobertura ideal, sendo abatido, em média, aos 3,5 anos de idade, resultando em uma carne de qualidade inferior ao exigido pelos consumidores mais exigentes no país e no exterior (Prado, 2010; Silva et al., 2010b).

A utilização de sistemas mais produtivos, como a suplementação a pasto (Moreira et al., 2008), o semi-confinamento e até os sistemas mais intensivos como o confinamento propriamente dito, proporcionam desde uma maximização da área utilizada, seguindo para uma redução da idade de abate, e consequente melhora na qualidade da carne, já que a qualidade da carne está intimamente ligada à idade de abate dos animais (Dian et al., 2009; Fugita et al., 2012; Ito et al., 2010).

A prática de confinar animais pode ser uma boa escolha para o produtor rural, se forem observados alguns aspectos mercadológicos básicos, como o preço da arroba, quantidade e padrão genético do plantel bovino disponível na propriedade, e principalmente, a oferta regional e o preço dos insumos e subprodutos passíveis de serem utilizados na nutrição destes animais, que devem ser considerados, pois de acordo com Pacheco et al. (2006), o gasto com a alimentação dos animais confinados pode chegar a 70% do custo total de produção, quando desconsiderado o valor da compra do animal.

Na tentativa da redução dos custos de produção de bovinos confinados, a utilização de aditivos na dieta vem sendo utilizada por décadas pelos diversos benefícios proporcionados com a sua utilização, entre eles a modificação da microbiota ruminal, controle do pH ruminal, melhora na conversão alimentar e ganho de peso, e da mesma forma, a tentativa do

aproveitamento dos benefícios secundários que cada ingrediente adicionado possa conter (Benchaar et al., 2006; Bergen & Bates, 1984; Goodrich et al., 1984).

No Brasil, os critérios de produção e utilização dos aditivos na nutrição animal são geridos por meio do Ministério da Agricultura, que por meio da Instrução Normativa 13/2004, atribui como definição aos aditivos da seguinte forma: substância, microrganismo ou produto formulado, adicionado intencionalmente aos produtos, que não é utilizada normalmente como ingrediente, tenha ou não valor nutritivo e que melhore as características dos produtos destinados à alimentação animal ou dos produtos animais, melhore o desempenho dos animais saudáveis e atenda às necessidades nutricionais ou tenha efeito de anticoccidiostático.

Da mesma forma, na União Européia, existe a Diretiva 70/524 de 2008 que define os aditivos como substâncias ou preparados dessas substâncias que, incorporados nos alimentos para animais, são susceptíveis de influenciar as características destes alimentos ou a produção animal.

Os aditivos podem ser classificados de diversas formas, de acordo com os critérios estabelecidos pelos órgãos reguladores. A Autoridade Européia da Segurança do Alimento, (EFSA, 2003) agrupou os aditivos na alimentação animal em cinco categorias, de acordo com a função: aditivos tecnológicos (conservantes, antioxidantes, emulsificantes, estabilizantes, reguladores de acidez, adsorventes, aglomerantes, antiaglomerantes, antiemectantes, umectantes, gelificantes e espessantes), aditivos sensoriais (corantes, flavorizantes, aromatizantes e palatibilizantes), aditivos nutricionais (vitaminas, microminerais, aminoácidos e uréia) aditivos zootécnicos (melhoradores da digestibilidade – enzimas e ácidos orgânicos; equilibradores de flora intestinal – probióticos, prebióticos, simbióticos, ácidos orgânicos, nutracêuticos; melhoradores de desempenho – antibióticos, ionóforos, repartidores de nutrientes, hormônios; botânicos – ervas, especiarias, extratos vegetais e óleos essenciais) e aditivos anticoccidianos.

Entre os aditivos mais utilizados na produção intensiva de bovinos, estão os ionóforos, que são um tipo de antibiótico, produzido principalmente por linhagens de bactérias do gênero *Streptomyces*. Entre os vários tipos de ionóforos existentes, apenas três possuem o registro com a devida autorização do Ministério da Agricultura, para sua utilização no Brasil, a monensina sódica, lasalocida e salinomina sódica, sendo a monensina o mais estudado e utilizado no território nacional como um promotor de crescimento para animais confinados.

A monensina sódica é um ionóforo amplamente utilizado há décadas, em função de suas propriedades antimicrobianas, que agem de forma seletiva na flora ruminal melhorando a eficiência digestiva (Bergen & Bates, 1984; Goodrich et al., 1984). No entanto, a utilização de antibióticos e outros aditivos sintéticos como promotores de crescimento na alimentação animal estão sendo eliminados da União Europeia desde 2006 pela EFSA, por meio da regulação 1831/2003/EC, da mesma forma, a entrada de produtos cárneos advindos de produções em que os animais recebam estes tipos de aditivos na dieta, também terá sua entrada restrita.

A preocupação está relacionada com um possível desenvolvimento de microrganismos resistentes pelo uso inadequado dos ionóforos na dieta animal, no qual transmitiria e comprometeria a ação terapêutica dos antibióticos em humanos (Dewulf et al., 2007; Mateu & Martin, 2001; Russell & Houlihan, 2003).

Neste sentido, é necessário o estudo dos efeitos de possíveis substituintes naturais, para que haja melhorias no sistema de produção de animais confinados, e para que a carne brasileira não tenha tantos entraves ao ser exportada para os países europeus (Valero et al., 2011; Zawadzki et al., 2011a; Zawadzki et al., 2011b).

A utilização de extratos naturais de plantas vem sendo utilizada há décadas na nutrição animal, com as mais diversas funções, desde a modificação dos parâmetros ruminais, melhoria no desempenho e qualidade da carne, podendo ser utilizado de diversas maneiras e métodos de processamento. Uma das formas de utilização de derivados de plantas na nutrição animal é a obtenção dos óleos essenciais, que podem ser extraídos de diversas partes das plantas, como as folhas, flores, sementes, raízes e cascas, sendo a composição variável conforme a parte da planta utilizada (Benchaar et al., 2008), sendo a destilação simples a forma de obtenção dos óleos essenciais comercial mais utilizado, mas podendo também ser feita por meio da fermentação ou extração por solventes (Greathead, 2003; Yang et al., 2010; Zhang et al., 2010).

A utilização dos óleos essenciais é liberada por serem substâncias geralmente reconhecidas como seguras (Generally Recognized as Safe – GRAS) para o consumo animal e humano, de acordo com o “Food and Drug Administration”, órgão governamental dos Estados Unidos responsável pelo controle dos alimentos (FDA, 2006), e vêm sendo utilizada há séculos por conta de seus aromas, flavour e propriedades antissépticas e/ou preservativas (Burt, 2004), sendo de extrema importância como matéria prima para indústrias, na

manufatura de produtos dos setores de perfumaria, cosmética, farmacêutica, higiene, limpeza, alimentícia e bebidas (Bakkali et al., 2008).

Os óleos essenciais constituem-se em complexas misturas de substâncias voláteis, geralmente lipofílicas (Losa, 2001), cujos componentes incluem hidrocarbonetos terpênicos, alcoóis simples, aldeídos, cetonas, fenóis, ésteres, ácidos orgânicos, entre outros, e em diferentes concentrações, nos quais, um composto farmacologicamente ativo é majoritário, sendo denominado “princípio ativo”. Entre os princípios ativos mais utilizados, pode-se citar o timol, princípio ativo do tomilho (*Thymus vulgaris*), carvacrol extraído do orégano (*Origanum vulgare*), alina e alicina extraídos do alho (*Allium sativum*), mentol extraído da menta (*Mentha piperita*), cinamaldeído extraído da canela (*Cinnamomum zeylanicum*), entre outros, e são muito utilizados por possuírem sua funcionalidade conhecida, além dos métodos de extração para estes óleos essenciais serem de fácil operação (Benchaar et al., 2008).

2. Aditivos naturais

2.1. Orégano (*Origanum vulgare*)

O orégano (*Origanum vulgare*) é uma planta perene, pertencente à família *Lamiaceae*, tendo como origem regiões do Mediterrâneo, porém sendo cultivado há muitos anos em várias partes da Europa, leste e centro da Ásia e presente também na América do Norte (Kokkini et al., 1994; Vokou et al., 1993), crescendo abundantemente em áreas pedregosas e em montanhas rochosas em uma ampla faixa de altitude (0-400 m), sendo cultivada principalmente para a utilização na culinária (Boroski et al., 2012).

O carvacrol é um importante composto, sendo encontrado nas folhas e flores secas do orégano, e não possui importância apenas como condimento, mas também na medicina, principalmente devido às suas propriedades microbiológicas (antibacteriana, antifúngica e antioxidante) (Aeschbach et al., 1994; Lambert et al., 2001). O carvacrol é denominado quimicamente 2-metil-5-(1-metiletil)-fenol, possui fórmula molecular $C_{10}H_{14}O$ e peso de 150,22 g/mol (Figura 1). Apresenta-se em forma líquida de coloração amarelo claro, cuja densidade é de 0,975 g/ml (20° C) com pouca solubilidade em água (Burt, 2004).

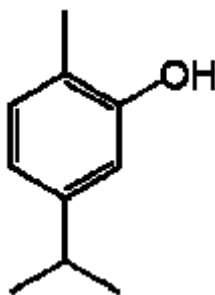


Figura 1. Estrutura molecular do carvacrol.
Fonte: Burt (2004).

A extração do carvacrol é realizada por meio de fluídos supercríticos com a utilização de CO₂ (Ondarza & Sanchez, 1990). De acordo com Reverchon and Senatore (1994), a utilização dos fluídos supercríticos na extração de compostos orgânicos traz vantagens sobre métodos tradicionais, evitando a degradação térmica que ocorre na destilação a vapor e a poluição causada pelo uso de solventes orgânicos utilizados na extração com solventes, que apesar de serem largamente empregadas, apresentam várias desvantagens que podem influenciar de forma negativa a eficiência da extração e a composição final do extrato, levando à perda ou degradação do analito.

O modo de ação do carvacrol ainda não foi totalmente esclarecido, porém, sua ação pode ser atribuída principalmente à capacidade de tornar a membrana das bactérias permeáveis, sobretudo às bactérias gram-positivas (Lambert et al., 2001), reagindo com os lipídeos da membrana e os radicais hidroxilas convertendo-os em produtos instáveis (Yanishlieva et al., 2001).

As bactérias gram-negativas possuem uma membrana externa que contém lipopolissacarídeos, formando uma superfície hidrofílica, este caráter hidrofílico cria uma barreira à permeabilidade das substâncias hidrofóbicas como os óleos essenciais. Isso pode explicar a frequente resistência das bactérias gram-negativas ao efeito antimicrobiano de alguns óleos essenciais (Chao et al., 2000). Todavia, o carvacrol também parece ser capaz de desintegrar a membrana externa das bactérias gram-negativas, e aumentando a permeabilidade da membrana citoplasmática (Burt, 2004; Ultee et al., 2000).

O interesse no estudo deste composto como aditivo na nutrição animal, é devido à necessidade da obtenção de um produto alternativo ao uso de antibióticos na produção animal, e está sendo utilizado devido às funções observadas, possuindo propriedades antibacterianas e antiparasitárias (Didry et al., 1994), antioxidante (Aeschbach et al., 1994; Fasseas et al., 2008)

e antimicrobiana, apresentando seu efeito principalmente pelo alto conteúdo de compostos fenólicos. Da mesma forma, Baniyas et al. (1992) extraíram o óleo essencial das folhas e flores do orégano e testaram a atividade antifúngica com três tipos de fungos, observaram uma forte ação inibitória dos fungos testados.

O óleo essencial de orégano parece também ser capaz de combater a atividade de alguns patógenos de origem alimentar, como exemplo, a inibição da *Escherichia coli* O157:H7 (Helander et al., 1998; Elgayyar et al., 2001). Na produção de ruminantes, Chaves et al. (2011); Chaves et al. (2008) verificaram que o carvacrol pode aumentar a proporção de propionato, sendo este, um precursor da glicose em ruminantes, que posteriormente poderá refletir em maiores ganhos de peso ao animal. No entanto, pesquisas relacionadas à bovinocultura de corte, e seus efeitos no desempenho animal e efeitos nas características da carcaça, ainda são escassas, sendo necessário mais estudo a respeito.

2.2. Caju (*Anacardium occidentale*)

O cajueiro (*Anacardium occidentale* L.), pertencente à família *Anacardiaceae*, originário do Brasil, possui como parte comestível o pseudofruto chamado de caju e o fruto, de onde é extraída a castanha e o líquido da casca da castanha de caju, sendo este último, beneficiado e utilizado de formas variadas na indústria química (Mazzetto et al., 2009). Atualmente, a planta está difundida em diversos países, como a Índia, Nigéria e Vietnã. No Brasil os principais estados produtores de caju são o Ceará, Piauí e o Rio Grande do Norte, participando com mais de 90% da produção, com uma produção nacional prevista para 2013 de 261,748 toneladas da castanha (IBGE, 2013) e ao redor de 45 mil toneladas de líquido da casca da castanha (LCC) (Mazzetto et al., 2009).

O LCC é um líquido escuro obtido do mesocarpo da castanha e representa cerca de 25% do peso da castanha, sendo considerado um subproduto do agronegócio do caju, de baixo valor agregado (Mazzetto et al., 2009), podendo ser utilizado de diversas formas na indústria química (Calo et al., 2007), como lubrificantes e combustíveis (Das et al., 2004). O LCC é rico em compostos fenólicos de cadeia longa e insaturada (Figura 2) (Gedam & Sampathkumaran, 1986). As concentrações dos ácidos variam em função do processo de obtenção da castanha (Das et al., 2004). A extração do LCC pode ser realizada utilizando técnicas a quente (LCC técnico) ou a frio (LCC natural). O LCC técnico contém

principalmente cardanol (67-94%), cardol (3-18%), material polimérico (3-21%), e traços de metilcardol (Gedam & Sampathkumaran, 1986). De modo geral, o LLC técnico é obtido com temperaturas elevadas que pode acarretar na alteração da estrutura química dos ácidos graxos pela reação de descarboxilação, originando maiores teores do ácido cardanol (Mazzetto et al., 2009). O LCC natural contém uma grande quantidade de ácido anacárdico (70-80%), cardol (13-20%) e cardanol (1-9%), e não apresenta material polimérico em sua composição (Gedam & Sampathkumaran, 1986).

Pelo fato do modo de extração das castanhas no Brasil ser realizado de maneira industrial, o processo térmico-mecânico empregado impõe a obtenção do LLC técnico como subproduto. O cardanol, em comparação aos derivados fenólicos similares, apresenta peculiaridades em suas características, não apresentando cheiro agressivo e possuindo baixa volatilidade, sendo este composto considerado não tóxico (Mazzetto et al., 2009).



Figura 2. Estrutura química dos principais compostos presentes nos óleos do *Anacardium occidentale*.

Fonte: Mazzetto et al. (2009).

O modo de ação dos princípios ativos do óleo de caju não são totalmente esclarecidos. Todavia, Kubo et al. (2003) evidenciaram a ação do ácido anacárdico atuando primariamente no desencadeamento da ruptura da membrana física das bactérias e inibição da cadeia respiratória das bactérias. Segundo Muroi & Kubo (1993), os ácidos anacárdicos possuem atividade antimicrobiana, principalmente em bactérias gram-positivas.

De acordo com Lima et al. (2000), os ácidos anacárdicos apresentam atividade antimicrobiana sobre os microrganismos *Streptococcus mutans*, *Staphylococcus aureus*, *Candida albicans* e *Candida utilis*. O ácido anacárdico é um componente do óleo de caju com ação antioxidante (Kubo et al., 2006) e antimicrobiana (Himejima & Kubo, 1991). Kubo et al. (2003) observaram a ação do ácido anacárdico como bactericida, atuando contra o

Staphylococcus aureus. Os ácidos anacárdico e o cardol são compostos fenólicos e funcionam como um ionóforo monovalente (Nagabhushana et al., 1995). O cardanol tem atividade tanto antiinflamatória, como antioxidante (Amorati et al., 2001; Trevisan et al., 2006).

2.3. Mamona (*Ricinus communis* L.)

A mamona (*Ricinus communis* L.) (Kadri et al., 2011) oleaginosa pertencente à família *Euphorbiaceae*, tem como centro de origem a África, foi disseminada por várias partes do mundo pela sua fácil propagação e adaptação a diferentes condições climáticas. A introdução desta cultura se deu por meio dos portugueses há alguns séculos e, desde o início do século passado, é uma das importantes culturas para os pequenos e médios produtores do (Silva et al., 2010a). Por possuir como características a tolerância à seca e exigência em calor e luminosidade (Devide et al., 2010), encontra-se disseminada por todo o Nordeste, constituindo-se em grande potencial para a economia do semi-árido nordestino.

Como uma alternativa a utilização dos combustíveis fósseis não renováveis, o Governo Federal com o Programa Brasileiro de Desenvolvimento Tecnológico do Biodiesel (PROBIODIESEL), tem incentivado a produção de mamona, sobretudo em áreas carentes, proporcionando uma redução do desemprego e melhor distribuição de renda no país. Uma das diretrizes deste programa é a inclusão de biodiesel produzido com a utilização da mamona como matéria prima, podendo então, gerar excedentes e subprodutos da sua produção (Chechetto et al., 2010).

A produção é realizada principalmente para a obtenção das suas sementes de onde é extraído o óleo de mamona também chamado de óleo de rícino, largamente empregado como impermeabilizantes, lubrificantes, vernizes, plásticos e na indústria farmacêutica (Suarez et al., 2007) e mais recentemente na produção do biodiesel.

No que se refere ao seu potencial para a produção de biodiesel, a mamona é considerada excelente, devido ao seu alto teor de óleo, contido nas suas sementes, produzindo cerca de 35 a 55% (Costa et al., 2004) e o óleo de rícino, extraído pela prensagem das sementes, contém cerca 85-90% de ácido graxo ricinoléico (Vaisman et al., 2008). Também estão presentes o ácido linoléico (4,0%) e o ácido oléico (3,0%), entre outros com percentagens menos representativas (Conceição et al., 2005) (Figura 3).

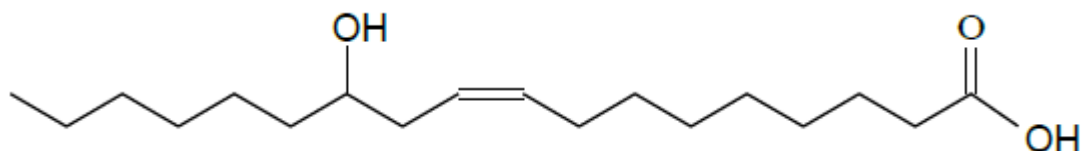


Figura 3. Estrutura do ácido ricinoléico (ácido *cis*-12-hidroxiocetadec-9-enóico).
Fonte: (Ogunniyi, 2006).

De acordo com Ogunniyi (2006), o processo de extração do óleo de mamona pode ser obtido por prensagem mecânica ou com a utilização de solventes orgânicos, como o heptano, hexano e o éter de petróleo. No entanto, o processo de obtenção do óleo pode alterar a composição química dos compostos presentes no óleo de mamona. Embora a toxicidade das sementes da mamona quando ingerida seja conhecida, pela presença da ricina, uma potente toxalbumina, sendo seu principal modo de ação no organismo a aglutinação das células vermelhas, seguida por hemólise intensa (Freire et al., 2001), esta não é solúvel em lipídeos, ficando todo o componente tóxico concentrado na torta de mamona (Gaillard & Pepin, 1999).

O exato modo de ação deste óleo essencial ainda não está completamente elucidado, todavia, a estrutura química dos óleos essenciais parece afetar sua atividade bacteriana e seu modo de ação (Dorman & Deans, 2000). De modo geral, compostos com hidroxila em sua estrutura permite interação com proteínas da membrana celular bacteriana, ocorrendo à ruptura e morte do microrganismo (Benchaar et al., 2008; Burt, 2004).

O mecanismo de ação da maioria dos óleos essenciais para exercer seu efeito microbiano é pela sua atividade na estrutura da parede celular bacteriana, desnaturando e coagulando as proteínas. Mais especificamente, atuam alterando a permeabilidade da membrana citoplasmática por íons de hidrogênio e potássio. A alteração dos gradientes de íons conduz à deterioração dos processos essenciais da célula como transporte de elétrons, translocação de proteínas, etapas da fosforilação e outras reações dependentes de enzimas, resultando em perda do controle quimiosmótico da célula afetada e, conseqüentemente, a morte bacteriana (Dorman & Deans, 2000). De forma mais específica, o óleo de rícino desempenha ação antimicrobiana, agindo como um ionóforo divalente, possuindo também ação antiinflamatória (Maenz & Forsyth, 1982).

2.4. Levedura (*Saccharomyces cerevisiae*)

As leveduras (*Saccharomyces cerevisiae*) são fungos que fazem parte do Reino Fungi e pertencem à família dos *Saccharomycetaceae* apresentando forma unicelular, reproduzem-se de forma assexuada por brotamento ou gemulação, e são diferenciadas facilmente das bactérias em virtude de suas dimensões maiores e de suas características morfológicas (Carvalho et al., 2006).

As leveduras têm sido utilizadas pelo homem há milhares de anos e sua manipulação causou um grande impacto na produção de alimentos e, por conseguinte, influenciando o próprio processo de desenvolvimento socioeconômico da humanidade. O pão, a cerveja, e o álcool representam os produtos mais expressivos do processo ao longo do tempo. Em todos esses processos, a levedura *Saccharomyces cerevisiae* tem um papel de destaque, sendo considerado um dos microrganismos mais úteis ao homem (Carvalho et al., 2006).

De acordo com Costa (2004), para cada litro de álcool produzido, pode ser obtido cerca de 25 a 30 gramas de leveduras, obtendo-se cerca de 420 mil toneladas de leveduras por ano, somente por este segmento industrial, que devem ser reutilizadas. Desta forma, a utilização da levedura na nutrição animal pode ser uma alternativa de uso, reduzindo os resíduos desta atividade e minimizando os danos ambientais provocados com o descarte indevido deste material.

Na produção de álcool é obtida a levedura úmida, existindo ainda duas técnicas de secagem: por rolos rotativos e pela tecnologia “spray-dryer”. O primeiro método consiste na secagem da levedura por meio do contato direto com a superfície aquecida do rolo rotativo, atingindo temperaturas de até 200°C. A secagem por “spray-dryer” é constituída pelo bombeamento da levedura em uma câmara de secagem, passando por um cabeçote atomizador que, girando à altíssima rotação, atomiza o produto em pequenas gotículas que, combinado com o fluxo de ar quente, é seco instantaneamente (Landell Filho et al. 1994). Da mesma forma, a levedura pode ser utilizada diretamente (células íntegras de levedura) ou serem processadas para obtenção de vários derivados. As células íntegras são usadas principalmente na alimentação animal, enquanto certos derivados como o autolisado e o extrato de levedura vêm sendo utilizados de longa data na formulação de produtos para humanos, como complemento nutritivo e flavorizante (Yamada et al., 2003).

As culturas de leveduras como aditivo em dietas de bovinos têm sido relatadas sua utilização desde a primeira metade do século passado (Wallace, 1994), sendo uma alternativa ao uso de ionóforos convencionais, atuando como um probiótico, sobretudo no controle dos

parâmetros ruminais e como uma fonte de proteína de alta qualidade, visto que é composta com cerca de 45 a 55% de proteína, carboidratos, lipídeos e vitaminas do complexo B (Martins et al., 2000; Prado et al., 2000).

De acordo com Wallace (1994), constata-se que as leveduras (*Saccharomyces cerevisiae*) removem parte do oxigênio que chega ao rúmen através do alimento e da saliva, proporcionando um aumento no número de bactérias celulolíticas viáveis, sendo que as bactérias que utilizam ácido lático são estimuladas pela presença de ácidos dicarboxílicos. Desta forma, o pH do rúmen torna-se mais estável, a metanogênese e a proporção de ácidos graxos voláteis são alteradas e a concentração de ácido lático diminui. Essas mudanças elevam a taxa de digestão da celulose e o fluxo de proteína microbiana, o que resulta em maior ingestão de matéria seca e, portanto, melhor desempenho (Figura 4). Todavia, os efeitos são variáveis e dependem da quantidade do aditivo fornecida na dieta.

Segundo Desnoyers et al. (2009), os efeitos da suplementação é maior quando se utiliza dietas com maior proporção de concentrado, e que também a digestibilidade da matéria orgânica aumentou quando foi aumentada a quantidade fornecida de levedura. Outro papel desempenhado pela levedura na nutrição de ruminantes é a de promover alterações na razão acetato/propionato, e ainda aumentar o fluxo de proteína microbiana para o intestino delgado (Chaucheyras et al., 2008).

Rameshwar et al. (1998) trabalharam com novilhos cruzados com 3-4 meses de idade, durante 122 dias, recebendo palha de trigo e concentrado, observaram um maior ganho de peso nos animais com adição de cultura de levedura (0,49 vs. 0,48 kg/dia), mas não observaram diferenças significativas para ingestão de matéria seca, digestibilidade de nutrientes, conversão alimentar e retenção de nitrogênio.

O pH ruminal em ovinos também parece sofrer efeito com a adição de levedura na dieta. Ovinos alimentados com altos níveis de concentrado, tiveram a capacidade de manutenção dos níveis normais, de acordo com a suplementação (Brossard & Chaucheyras-Durand, 2006).

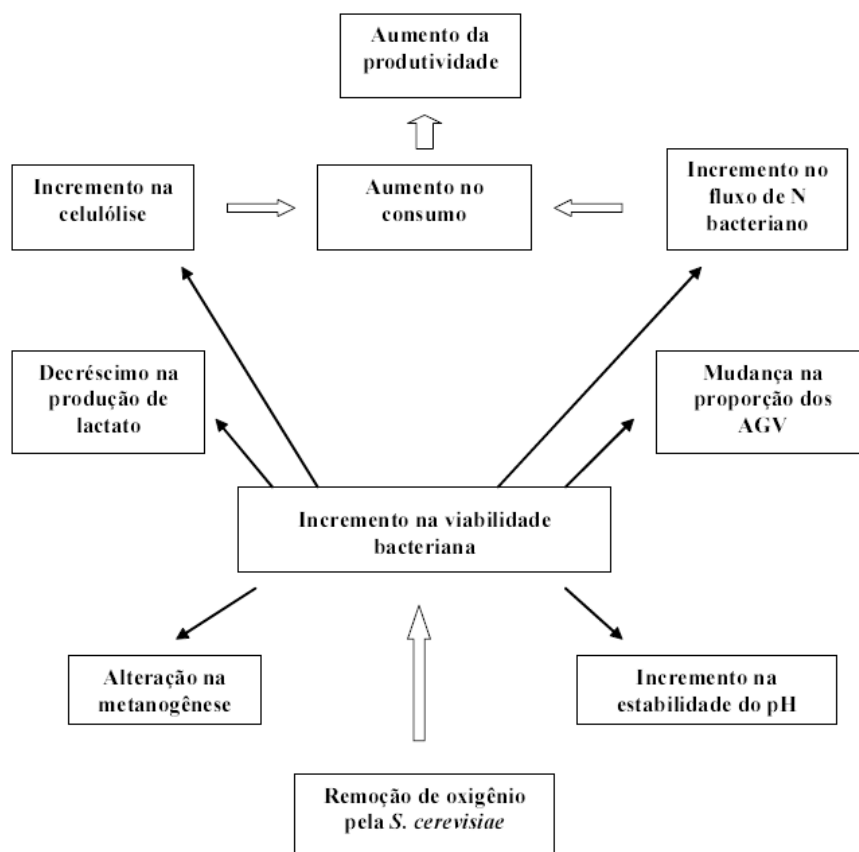


Figura 4. Esquema descrevendo o modo de ação da levedura.
Fonte: Wallace (1994).

3. Interação entre compostos

Para obtenção de melhores resultados, a administração combinadas de óleos essenciais de diferentes plantas deve ser considerada (Langhout, 2000), pois podem ser reforçados pelos princípios ativos mais relevantes (Costa, 2004). Sinergismo é observado quando o efeito combinado de substâncias é maior do que o somatório dos efeitos individuais (Davidson & Parish, 1989). De acordo com Lambert et al. (2001), na composição dos óleos essenciais há compostos que apresentam maior atividade antimicrobiana, sendo que a mistura de dois ou mais compostos em quantidades adequadas, podem apresentar atividade antimicrobiana sobre as bactérias mais resistentes. Do mesmo modo, o sinergismo e o antagonismo entre componentes de óleos essenciais têm sido observados (Burt, 2004).

Lambert et al. (2001) observaram que a combinação do timol e carvacrol demonstraram uma alta atividade antibacteriana, do que a utilização dos compostos isolados. Neste trabalho, a combinação do carvacrol e timol apresentaram efeito aditivo, quando testados contra

Staphylococcus aureus e *Pseudomonas aeruginosa*. Da mesma forma, Paster et al. (1995) também observaram sinergismo com a utilização de carvacrol e timol contra micélios e esporos de *Aspergillus flavus*, *Aspergillus niger* e *Aspergillus ochraceus*, bem como, contra a microflora natural dos grãos de trigo. Outros dados de sinergismo do carvacrol foi observado com a utilização do p-cimeno por Ultee et al. (2000), que observaram a inibição do crescimento do *Bacillus cereus* no arroz. Sendo que, a maior eficiência do p-cimeno se dá pela incorporação deste na bicamada lipídica do *Bacillus cereus*, facilitando o transporte do carvacrol através da membrana citoplasmática (Ultee et al., 2000).

No entanto, resultados da comprovação da interação entre aditivos na produção de bovinos confinados são escassos, sendo necessários mais estudos que demonstrem a eficiência do fornecimento de extratos vegetais e outros aditivos naturais de forma efetiva, servindo como uma ferramenta útil na substituição dos ionóforos, com o intuito da melhoria no desempenho produtivo dos animais e a obtenção de produtos sãos e seguros ao consumidor final.

4. Literatura citada

- AESCHBACH, R., LÖLIGER, J., SCOTT, B.C. et al. Antioxidant actions of thymol, carvacrol, 6-gingerol, zingerone and hydroxytyrosol. **Food and Chemical Toxicology**. v.32, p.31-36, 1994.
- AMORATI, R., PEDULLI, G.F., VALGIMIGLI, L. et al. Absolute rate constants for the reaction of peroxy radicals with cardanol derivatives. **Journal of the Chemical Society, Perkin Transactions**. v.2, p.2142-2146, 2001.
- ANUALPEC, 2013. **Anuário da Pecuária Brasileira**. Instituto FNP, São Paulo, SP, BR.
- BAKKALI, F., AVERBECK, S., AVERBECK, D. Biological effects of essential oils—a review. **Food Chemical Toxicology**. v.46, p.446-475, 2008.
- BANIAS, C., OREOPOULOU, V., THOMOPOULOS, C.D. et al. The effect of primary antioxidants and synergists on the activity of plant extracts in lard. **Journal of the American Oil Chemists' Society**. v.69, p.520-524, 1992.
- BENCHAAR, C., CALSAMIGLIA, S., CHAVES, A.V. et al. A review of plant-derived essential oils in ruminant nutrition and production. **Animal and Feed Science Technology**. v.145, p.209-228, 2008.
- BENCHAAR, C., DUYNISVELD, J.L., CHARMLEY, E. et al. Effects of monensin and increasing dose levels of a mixture of essential oil compounds on intake, digestion and growth performance of beef cattle. **Canadian Journal of Animal Science**. v.86, p.91-96, 2006.
- BERGEN, W.G., BATES, D.B. Ionophores: their effect on production efficiency and mode of action. **Journal of Animal Science**. v.58, p.1465-1483, 1984.

- BOROSKI, M., GIROUX, H.J., SABIK, H. et al. Use of oregano extract and oregano essential oil as antioxidants in functional dairy beverage formulations. **Food Science and Technology**. v.47, p.167-174, 2012.
- BROSSARD, L., CHAUCHEYRAS-DURAND, F. Dose effect of live yeasts on rumen microbial communities and fermentations during butyric latent acidosis in sheep: new type of interaction. **Animal Science**. v.82, p.829-836, 2006.
- BURT, S. Essential oils: their antibacterial properties and potential applications in foods—a review. **International Journal of Food Microbiology**. v.94, p.223-253, 2004.
- CALO, E., MAFFEZZOLI, A., MELE, G. et al. Synthesis of a novel cardanol-based benzoxazine monomer and environmentally sustainable production of polymers and biocomposites. **Green Chemistry**. v.9, p.754-759, 2007.
- CARVALHO, G.B.M., BENTO, C.V., ALMEIDA, J.B. Elementos biotecnológicos fundamentais no processo cervejeiro: 1a parte - As leveduras. **Revista Analytica**. v.25, p.36-42, 2006.
- CHAO, S.C., YOUNG, D.G., OBERG, C.J. Screening for inhibitory activity of essential oils on selected bacteria, fungi and viruses. **Journal of Essential Oil Research**. v.12, p.639-649, 2000.
- CHAUCHEYRAS, D.F., WALKER, N., BACH, A. Effects of active dry yeasts on the rumen microbial ecosystem: Past, present and future. **Animal and Feed Science Technology**. v.145, p.5-26, 2008.
- CHAVES, A.V., DUGAN, M.E.R., STANFORD, K. et al. A dose-response of cinnamaldehyde supplementation on intake, ruminal fermentation, blood metabolites, growth performance, and carcass characteristics of growing lambs. **Livestock Science**. v.141, p.213-220, 2011.
- CHAVES, A.V., STANFORD, K., GIBSON, L.L. et al. Effects of carvacrol and cinnamaldehyde on intake, rumen fermentation, growth performance, and carcass characteristics of growing lambs. **Animal and Feed Science Technology**. v.145, p.396-408, 2008.
- CHECHETTO, R.G., SIQUEIRA, R., GAMERO, C.A. Balanço energético para a produção de biodiesel pela cultura da mamona (*Ricinus communis* L.). **Revista Ciência Agronômica**. v.41, p.546-553, 2010.
- CONCEIÇÃO, M.M., CANDEIA, R.A., DANTAS, H.J. et al. Rheological behavior of castor oil biodiesel. **Energy & Fuels**. v.19, p.2185-2188, 2005.
- COSTA, H.M., RAMOS, V.D., ABRANTES, T.A.S. Efeito do óleo de mamona em composições de borracha natural contendo sílica. **Polímeros: Ciência e Tecnologia**. v.14, p.46-50, 2004.
- COSTA, L.F. Leveduras na nutrição animal. **Revista Eletrônica Nutritime**, v.1, p.1-6, 2004.
- DAS, P., SREELATHA, T., GANESH, A. Bio oil from pyrolysis of cashew nut shell-characterisation and related properties. **Biomass Bioenergy**. v.27, p.265-275, 2004.
- DAVIDSON, P.M., PARISH, M.E. Methods for testing the efficacy of food antimicrobials. **Food Technology**. v.43, p.148-155, 1989.
- DESNOYERS, M., GIGER-REVERDIN, S., BERTIN, G. et al. Meta-analysis of the influence of *Saccharomyces cerevisiae* supplementation on ruminal parameters and milk production of ruminants. **Journal of Dairy Science**. v.92, p.1620-1632, 2009.
- DEVIDE, A.C.P., CASTRO, C.M., SANTOS, R.D.F. et al. Plantio direto de mamona 'IAC 80' com culturas alimentares. **Ciência e Agrotecnologia**. v.34, p.653-659, 2010.
- DEWULF, J., CATRY, B., TIMMERMAN, T. et al. Tetracycline-resistance in lactose-positive enteric coliforms originating from Belgian fattening pigs: Degree of resistance,

- multiple resistance and risk factors. **Preventive Veterinary Medicine**. v.78, p.339-351, 2007.
- DIAN, P.H.M., PRADO, I.N., FUGITA, C.A., et al. Replacing corn with cassava starch by-products on the performance, digestibility and carcass characteristics of bulls in confinement. **Acta Scientiarum Animal Sciences**. v.31, p.381-387, 2009.
- DIDRY, N., DUBREUIL, L., PINKAS, M. Activity of thymol, carvacrol, cinnamaldehyde and eugenol on oral bacteria. **Pharmaceutica Acta Helvetica**. v.69, p.25-28, 1994.
- DORMAN, H.J.D., DEANS, S.G. Antimicrobial agents from plants: antibacterial activity of plant volatile oils. **Journal of Applied Microbiology**. v.88, p.308-316, 2000.
- FASSEAS, M.K., MOUNTZOURIS, K.C., TARANTILIS, P.A. et al. Antioxidant activity in meat treated with oregano and sage essential oils. **Food Chemistry**. v.106, p.1188-1194, 2008.
- FREIRE, E.C., LIMA, E.F., ADRADE, F.P. et al. Melhoramento genético. **O agronegócio da mamona no Brasil**. v.2, p.169-194, 2001.
- FUGITA, C.A., PRADO, I.N., JOBIM, C.C. et al. Corn silage with and without enzyme-bacteria inoculants on performance, carcass characteristics and meat quality in feedlot finished crossbred bulls. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v.41, p.154-163, 2012.
- GAILLARD, Y., PEPIN, G. Poisoning by plant material: review of human cases and analytical determination of main toxins by high-performance liquid chromatography–(tandem) mass spectrometry. **Journal of Chromatography B: Biomedical Sciences and Applications**. v.733, p.181-229, 1999.
- GEDAM, P.H., SAMPATHKUMARAN, P.S. Cashew nut shell liquid: Extraction, chemistry and applications. **Progress in Organic Coatings**. v.14, p.115-157, 1986.
- GOODRICH, R.D., GARRETT, J.E., GAST, D.R. et al. Influence of monensin on the performance of cattle. **Journal of Animal Science**. v.58, p.1484-1498, 1984.
- GREATHEAD, H. Plants and plant extracts for improving animal productivity. **Proceedings Nutrition Society**. v.62, p.279-290, 2003.
- HIMEJIMA, M., KUBO, I. Antibacterial agents from the cashew *Anacardium occidentale* (Anacardiaceae) nut shell oil. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. v.39, p.418-421, 1991.
- IBGE, 2013. Contas nacionais trimestrais. Jul.-set. 2013. Available in: www.ibge.gov.br, Rio de Janeiro, BR
- ITO, R.H., PRADO, I.N., VISENTAINER, J.V. et al. Carcass characteristics, chemical and fatty acid composition of *Longissimus* muscle of Purunã bulls slaughtered at 18 or 24 months of age. **Acta Scientiarum Animal Sciences**. v.32, p.299-307, 2010.
- KADRI, A., GHARSALLAH, N., DAMAK, M. et al. Gdoura Chemical composition and *in vitro* antioxidant properties of essential oil of *Ricinus communis* L. **Journal of Medicinal Plants Research**. v.5, p.1466-1470, 2011.
- KOKKINI, S., KAROUSOU, R., VOKOU, D. Pattern of geographic variations of (*Origanum vulgare*) trichomes and essential oil content in Greece **Biochemistry System Ecological**. v.22, p.517-528, 1994.
- KUBO, I., MASUOKA, N., HA, T.J., Tsujimoto, K. Antioxidant activity of anacardic acids. **Food Chemistry**. v.99, p.555-562, 2006.
- KUBO, I., NIHEI, K., TSUJIMOTO, K. Antibacterial action of anacardic acids against methicillin resistant *Staphylococcus aureus* (MRSA). **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. v.51, p.7624-7628, 2003.

- LAMBERT, R.J.W., SKANDAMIS, P.N., COOTE, P.J. et al. A study of the minimum inhibitory concentration and mode of action of oregano essential oil, thymol and carvacrol. **Journal of Applied Microbiology**. v.91, p.453-462, 2001.
- LANDELL, L.C., KRONKA, R.N., THOMAZ, M.C. et al. Utilização da levedura de centrifugação da vinhaça (*Saccharomyces cerevisiae*) como fonte proteica para leitões na fase inicial (10 a 30 kg PV). **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, v.23(2), p.283-291, 1994.
- LANGHOUT, P. New additives for broiler chickens. **World Poultry**, v.16, p.1-6, 2000.
- LIMA, C.A.A., PASTORE, G.M., LIMA, E.D.P.A. Estudo da atividade antimicrobiana dos ácidos anacárdicos do óleo da casca da castanha de caju (CNSL) dos clones de cajueiro-anão-precoce CCP-76 e CCP-09 em cinco estágios de maturação sobre microrganismos da cavidade bucal. **Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos**. v.20, 2000.
- LOSA, R. The use of essential oils in animal nutrition. **Cahiers Options Mediterraneennes**. v.54, p.39-44, 2001.
- MAENZ, D.D., FORSYTH, G.W. Ricinoleate and deoxycholate are calcium ionophores in jejunal brush border vesicles. **Journal of Membrane Biology**. v.70, p.125-133, 1982.
- MARTINS, A.S., PRADO, I.N., ZEOULA, L.M. et al. Apparent digestibility of diets containing corn or cassava hull as energy source and cottonseed meal or yeast as protein source, in heifers. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v.29, p.269-277, 2000.
- MATEU, E., MARTIN, M. Why is anti- microbial resistance a veterinary problem as well? **Journal of Veterinary Medicine**, Series B, v.48, p.569-581, 2001
- MAZZETTO, S.E., LOMONACO, D., MELE, G. Óleo da castanha de caju: oportunidades e desafios no contexto do desenvolvimento e sustentabilidade industrial. **Química Nova**. p.32, v.732-741, 2009.
- MOREIRA, F.B., MIZUBUTI, I.Y., PRADO, I.N. et al. Protein and mineral supplementation for calves grazing a Mombaça pasture during the winter. **Semina Ciências agrárias**. v.29, p.203-210, 2008.
- MOREIRA, F.B., PRADO, I.N., CECATO, U. et al. Forage evaluation, chemical composition, and in vitro digestibility of continuously grazed star grass. **Animal and Feed Science Technology**. v.113, p.239-249, 2004.
- MOREIRA, F.B., SOUZA, N.E., MATSUSHITA, M. et al. Evaluation of carcass characteristics and meat chemical composition of *Bos indicus* and *Bos indicus* x *Bos taurus* crossbred steers finished in pasture systems. **Brazilian Archives Biology and Technology**. v.46, p.609-616, 2003.
- MUROI, H., KUBO, I. Bactericidal activity of anacardic acids against *Streptococcus mutans* and their potentiation. **Journal Agricultural and Food Chemistry**. v.41, p.1780-1783, 1993.
- NAGABHUSHANA, K.S., SHOBHA, S.V., RAVINDRANATH, B., 1995. Selective ionophoric properties of anacardic acid. *J. Nat. Prod.* 58, 807-810.
- OGUNNIYI, D.S. Castor oil: A vital industrial raw material. **Bioresource Technology**. v.97, p.1086-1091, 2006.
- ONDARZA, M., SANCHEZ, A. Steam distillation and supercritical fluid extraction of some Mexican spices. **Chromatographia**. v.30, p.16-18, 1990.
- PACHECO, P.S., RESTLE, J., VAZ, F.N. et al. Avaliação econômica da terminação em confinamento de novilhos jovens e superjovens de diferentes grupos genéticos. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v.35, p.309-320, 2006.

- PASTER, N., MENASHEROV, M., RAVID, U. et al. Antifungal activity of oregano and thyme essential oils applied as fumigants against fungi attacking stored grain. **Journal of Food Protection**. v.58, p.81-85, 1995.
- PRADO, I.N., 2010. **Produção de bovinos de corte e qualidade da carne**. Eduem, Maringá, Paraná, Brasil.
- PRADO, I.N., MARTINS, A.S., ALCALDE, C.R. et al. Desempenho de novilhas alimentadas com rações contendo milho ou casca de mandioca como fonte energética e farelo de algodão ou levedura como fonte protéica. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v.29, p.278-287, 2000.
- RAMESHAWAR, S., CHAUDHARY, L.C., KAMRA, D.N. et al. Effect of dietary supplementation with yeast cell suspension (*Saccharomyces cerevisiae*) on nutrient utilization and growth response in crossbred calves. **Asian Australian Journal and Animal Science**. v.11, p.268-271, 1998.
- REVERCHON, E., SENATORE, F. Supercritical carbon dioxide extraction of chamomile essential oil and its analysis by gas chromatography-mass spectrometry. **Journal of Agricultural Food Chemistry**. v.42, p.154-158, 1994.
- RUSSELL, J.B., HOULIHAN, A.J. Ionophore resistance of ruminal bacteria and its potential impact on human health. **FEMS Microbiology Review**. v.27, p.65-74, 2003.
- SILVA, A.G., CRUSCIOL, C.A.C., SORATTOI, R.P. et al. Produção de fitomassa e acúmulo de nutrientes por plantas de cobertura e cultivo da mamona em sucessão no sistema plantio direto. **Ciencia Rural**. v.40, p.2092-2098, 2010a.
- SILVA, R.R., PRADO, I.N., CARVALHO, G.G.P. et al. Novilhos nelore suplementados em pastagens: consumo, desempenho e digestibilidade. **Archivos de Zootecnia**. v.59, p.549-560, 2010b.
- SUAREZ, P.A.Z., MENEGHETTI, S.M.P., MENEGHETTI, M.R. et al. Transformação de triglicerídeos em combustíveis, materiais poliméricos e insumos químicos: algumas aplicações da catálise na oleoquímica. **Química Nova**. v.30, p.667-676, 2007.
- TREVISAN, M.T.S., PFUNDSTEIN, B., HAUBNER, R. et al. Characterization of alkyl phenols in cashew (*Anacardium occidentale*) products and assay of their antioxidant capacity. **Food and Chemical Toxicology**. v.44, p.188-197, 2006.
- ULTEE, A., KETS, E.P.W., ALBERDA, M. et al. Adaptation of the food-borne pathogen *Bacillus cereus* to carvacrol. **Archives of Microbiology**. v.174, p.233-238, 2000.
- VAISMAN, B., SHIKANOV, A., DOMB, A. The isolation of ricinoleic acid from castor oil by salt-solubility-based fractionation for the biopharmaceutical applications. **Journal of the American Oil Chemists' Society**. v.85, p.169-184, 2008.
- VALERO, M.V., ZAWADZKI, F., FRANÇOZO, M.C. et al. Sodium monensin or propolis extract in the diet of crossbred (½ Red Angus vs. ½ Nelore) bulls finished in feedlot: chemical composition and fatty acid profile of the *Longissimus* muscle. **Semina Ciências Agrárias**. v.32, p.1617-1626, 2011.
- VOKOU, D., KOKKINI, S., BESSIERE, J.M. Geographic variation of Greek oregano (*Origanum vulgare ssp. hirtum*) essential oils. **Biochemical Systematics and Ecology**. v.21, p.287-295, 1993.
- WALLACE, R.J. Ruminant microbiology, biotechnology, and ruminant nutrition: progress and problems. **Journal Animal Science**. v.72, p.2992-3003, 1994.
- YAMADA, E.A., ALVIM, I.D., SANTUCCI, M.C.C. et al. Composição centesimal e valor protéico de levedura residual da fermentação etanólica e de seus derivados; Centesimal composition and protein nutritive value of yeast from ethanol fermentation and of yeast derivatives. **Revista de nutrição**, v.16(4), p.423-432, 2003.

- YANG, W.Z., AMETAJ, B.N., BENCHAAR, C. et al. Cinnamaldehyde in feedlot cattle diets: Intake, growth performance, carcass characteristics, and blood metabolites. **Journal Animal Science**. v.88, p.1082-1092, 2010.
- YANISHLIEVA, N., POKORNÝ, J., GORDON, M.H. **Antioxidants in Foods: Practical Applications**. CRC Press, 2001.
- ZAWADZKI, F., PRADO, I.N., MARQUES, J.A. et al. Sodium monensin or propolis extract in the diet of Nelore bulls finished in feedlot: chemical composition and fatty acid profile of *Longissimus* muscle. **Semina Ciencias agrarias**. v.32, p.1627-1636, 2011a.
- ZAWADZKI, F., PRADO, I.N., MARQUES, J.A. et al. Sodium monensin or propolis extract in the diets of feedlot-finished bulls: effects on animal performance and carcass characteristics. **Journal of Animal and Feed Science**. v.20, p.16-25, 2011b.
- ZHANG, W., XIAO, S., SAMARAWEERA, H. et al. Improving functional value of meat products. **Meat Science**. p.86, p.15-31, 2010.

OBJETIVOS GERAIS

Avaliar o efeito da suplementação de diferentes aditivos naturais, sobre o desempenho de bovinos (Angus vs. Nelore), não castrados, terminados em confinamento.

Avaliar o efeito da suplementação de diferentes aditivos naturais, sobre a ingestão de nutrientes e conversão alimentar de bovinos (Angus vs. Nelore), não castrados, terminados em confinamento.

Avaliar o efeito da suplementação de diferentes aditivos naturais, sobre as características quantitativas e qualitativas da carcaça e composição química do músculo *Longissimus* de bovinos (Angus vs. Nelore), não castrados, terminados em confinamento.

Avaliar o efeito da suplementação de diferentes aditivos naturais, sobre os parâmetros de cor (L*, a* e b*), oxidação lipídica e força de cisalhamento no músculo *Longissimus* de bovinos (Angus vs. Nelore), não castrados, terminados em confinamento.

Avaliar o efeito da suplementação de diferentes aditivos naturais, sobre a composição de ácidos graxos no músculo *Longissimus* de bovinos (Angus vs. Nelore), não castrados, terminados em confinamento.

Avaliar o efeito de diferentes idades de castração, diferentes níveis de proteína na dieta e os efeitos de diferentes razões de lisina e metionina, na dieta de novilhos Holandês terminados em confinamento, sobre a qualidade sensorial e oxidação lipídica da carne produzida.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Artigo 1: Avaliar o efeito da suplementação de diferentes aditivos naturais, sobre o peso vivo final, ganho de peso médio, de bovinos (Angus *vs.* Nelore), não castrados, terminados em confinamento.

Avaliar o efeito da suplementação de diferentes aditivos naturais, sobre a ingestão de nutrientes e conversão alimentar de bovinos (Angus *vs.* Nelore), não castrados, terminados em confinamento.

Avaliar o efeito da suplementação de diferentes aditivos naturais, sobre a conformação de carcaça, rendimento de carcaça quente, espessura de gordura de cobertura, área de olho de lombo e marmoreio do músculo Longissimus de bovinos (Angus *vs.* Nelore), não castrados, terminados em confinamento.

Artigo 2: Avaliar o efeito da suplementação de diferentes aditivos naturais, sobre os parâmetros de cor, força de cisalhamento, perda por cocção, e oxidação lipídica do músculo *Longissimus* de bovinos (Angus *vs.* Nelore), não castrados, terminados em confinamento.

Avaliar o efeito da suplementação de diferentes aditivos naturais, sobre a composição química (umidade, cinzas, proteína bruta, lipídeos totais e composição de ácidos graxos) no músculo *Longissimus* de bovinos (Angus *vs.* Nelore), não castrados, terminados em confinamento.

Artigo 3: Avaliar o efeito de diferentes idades de castração, diferentes níveis de proteína na dieta e os efeitos de diferentes razões de lisina e metionina, na dieta de novilhos Holandês terminados em confinamento, sobre a coloração, aceitabilidade visual da carne, oxidação lipídica e teste de consumidores da carne produzida.

I - Aditivos naturais na dieta de bovinos (Angus vs. Nelore) terminados em confinamento: Desempenho animal e características de carcaça

RESUMO

Este experimento foi realizado para avaliar o desempenho e as características de carcaça de 48 bovinos (Angus vs. Nelore) não castrados terminados em confinamento por 94 dias com a adição de diferentes aditivos às dietas. O experimento foi inteiramente casualizado e distribuído em 4 tratamentos: Testemunha (TES), Óleos essenciais (OLI), Confimax (MAX) e Levedura (LEV). A idade média inicial foi de 22 meses e o peso vivo de $318 \text{ kg} \pm 30$. Os animais foram abatidos com uma média de $468 \pm 45 \text{ kg}$. No tratamento OLI, foi adicionado 4 g/animal/dia de óleos essenciais de mamona e de caju. No tratamento MAX, foi adicionado 10 g/animal/dia de uma mistura de óleo de orégano, mamona e caju. No tratamento LEV, foi adicionado 5 g/animal/dia de levedura. O tratamento MAX resultou em maior peso vivo final e ganho de peso diário em relação ao tratamento TES. Todavia, o peso final e ganho médio diário foram semelhantes para os animais dos tratamentos TES, OLI e LEV. A adição de aditivos não alterou a ingestão (MS, proteína bruta, matéria orgânica, matéria mineral, FDN, FDA) de alimentos e a conversão alimentar. Os animais do tratamento MAX obtiveram um maior PCQ em comparação aos animais do tratamento TES. Não foi observado efeito com a adição de aditivos no rendimento de carcaça quente, espessura de gordura de cobertura, marmorização e cor da carne. A adição de um maior número de aditivos (Confimax) demonstrou uma melhor resposta animal (peso final, ganho peso diário, peso de carcaça quente) frente à inclusão de compostos isolados ou com menor número de aditivos, sendo então, recomendado a adição destes, para a melhoria no desempenho de animais (Angus vs. Nelore) terminados em confinamento.

Palavras chave: *Anacardium occidentale*, carvacrol, levedura, óleos essenciais, *Ricinus communis*

I - Natural additives in the diets on animal performance and carcass characteristics of bulls (Angus vs. Nelore) finished in feedlot

ABSTRACT

This experiment was carried out to evaluate the performance and carcass characteristics of 48 bulls (Angus vs. Nelore) finished in feedlot for 94 days, with the inclusion of additives in the diets. The experiment was conducted in a completely randomized way and distributed into four treatments: Control (TES), essential oils (OLI), confimax (MAX) and yeast (LEV). The bulls had initial average age of 22 months and live weight of 318 ± 30 kg. The bulls were slaughtered with average final weight of 468 ± 45 kg. In the OLI treatment, 4 g / animal / day of essential oils from castor and cashew were added to the diet. In the MAX (CONFIMAX[®]) treatment, 10 g / animal / day of a mixture with oregano, castor, cashew and yeast oil was added to the diet. In the LEV treatment, 5 g / animal / day of yeast was added to the diet. Treatment MAX resulted in a final live weight and average daily weight gain higher than the TES treatment. However, the final weight and average daily gain were similar in the TES, OLI and Lev treatments. Though, the inclusion of additives had no effect ($P > 0.05$) on DM intake, CP, OM, ash, NDF, ADF and feed conversion of feedlot cattle. The animals in the MAX treatment achieved a greater HCW than those in the TES treatment. No effect ($p > 0.05$) was observed with the addition of additives in hot carcass yield, backfat thickness and marbling. The addition of a greater number of additives (Confimax) showed a better animal response (final weight, daily weight gain, hot carcass weight) to the inclusion of isolated compounds or with smaller number of additives, and so, the addition of these compounds to improve the performance of bulls (Angus vs. Nelore) in feedlot is recommend.

Key words: *Anacardium occidentale*, carvacrol, yeast, essential oils, *Ricinus communis*

1. Introdução

Aproximadamente 90% dos bovinos de corte no Brasil são terminados em pastagem (ANUALPEC, 2013). Este sistema de produção é adotado em razão das grandes extensões territoriais disponíveis, o custo relativamente baixo da terra e os baixos custos com a aquisição de insumos. Entretanto, em grande parte do Brasil ocorre uma sazonalidade na produção de forragem nos períodos mais secos do ano, em razão do foto-período e precipitações desfavoráveis. A forragem produzida neste período não atende às exigências de manutenção e ganho em peso dos bovinos (Moreira et al., 2008; Moreira et al., 2004). Desta forma, a utilização de sistemas mais produtivos, como a suplementação a pasto, semi confinamento e confinamento possibilitam uma melhor utilização da área destinada à produção de forragem, redução da idade de abate dos animais e melhoria na qualidade da carne (Rotta et al., 2009).

Por outro lado, a terminação de bovinos em confinamento com alta densidade energética exige a utilização de cereais e co-produtos da agroindústria ricos em carboidratos rapidamente fermentáveis no rúmen (Ito et al., 2010; Kazama et al., 2008). Sendo assim, torna-se necessário o uso de aditivos nas dietas para modular a fermentação ruminal e reduzir a emissão de metano (Bergen & Bates, 1984).

Para melhorar a modulação ruminal, os ionóforos são amplamente utilizados há décadas, devido às suas propriedades antimicrobianas que melhoram a eficiência alimentar (Goodrich et al., 1984). No entanto, a utilização de ionóforos na alimentação animal foi proibida na União Européia desde 2006 pela EFSA (Autoridade Européia da Segurança do Alimento) por meio da regulação 1831/2003/EC, assim como a entrada de produtos cárneos provenientes de sistemas de produção, onde os animais são alimentados com esses aditivos na dieta.

Desta forma, alguns estudos estão sendo realizados para avaliar os possíveis efeitos positivos de produtos naturais para melhorar a eficiência alimentar de bovinos terminados em confinamento e alimentados com dietas com alto grãos (Benchaar et al., 2008; Valero et al., 2011; Zawadzki et al., 2011). Estes estudos são necessários para que a carne do Brasil não tenha restrições no mercado interno e por alguns países importadores.

Óleos essenciais são misturas complexas de substâncias voláteis, lipofílicas e com baixo peso molecular, e geralmente possuem um odor acentuado. Os óleos essenciais podem ser extraídos de diversas partes das plantas, como as folhas, flores, caules, sementes, raízes e

cascas (JosephJ & PaulI, 2009). Como estes compostos aromáticos são em grande parte voláteis, são obtidos por meio de destilação, geralmente a vapor ou hidrodestilação e são uma mistura de terpenóides, especificamente os monoterpenos e sesquiterpenos, embora faça parte de sua constituição uma grande variedade de compostos como ácidos, alcoóis, aldeídos, ésteres, entres outros (Dorman & Deans, 2000).

No entanto, pesquisas desenvolvidas com uso de óleos essenciais e leveduras no sistema de produção de bovino de corte e seus efeitos sobre o desempenho animal e nas características da carcaça e qualidade da carne, ainda são escassas, apesar de alguns resultados promissores relatados por Benchaar et al. (2008).

Por outro lado, de acordo com Wallace (2004), o uso de *Saccharomyces cerevisiae*, pode melhorar o ganho de peso com intensidade semelhante aos ionóforos, em decorrência da resposta ao aumento na ingestão de matéria seca. Entretanto, as respostas são variáveis e dependem da quantidade oferecida do tipo de dieta e do custo da inclusão das leveduras.

O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da adição de diferentes aditivos na alimentação de bovinos (Angus vs. Nelore) confinados, sobre o desempenho animal, características da carcaça e carne dos animais produzidos.

2. Material e Métodos

2.1. Local

O experimento foi desenvolvido no Setor Rosa Prado de Bovinocultura de Corte da Fazenda Experimental de Iguatemi, pertencente à Universidade Estadual de Maringá (UEM). As análises bromatológicas dos alimentos, sobras e fezes foram realizadas no Laboratório de Análises de Alimentos e Nutrição Animais (LANA) do Departamento de Zootecnia da UEM.

2.2. Animais e instalações

Foram utilizados 48 bovinos (Angus vs. Nelore) não castrados com 22 meses de idade e peso médio de $318,2 \pm 30$ kg. Os animais foram adquiridos de uma única propriedade. Antes do início do experimento, os bovinos foram criados em pastagem (*Brachiaria brizantha* cv. Marandu) com o fornecimento apenas de sal mineral. Durante o período de confinamento, os bovinos foram alojados aleatoriamente em baias individuais com chão de concreto, com

dimensões de 10 m². As baias eram parcialmente cobertas e possuíam bebedouros individuais e comedouros de concreto (2 m x 0,4 m x 0,5 m). No início do experimento, os animais foram vacinados contra febre aftosa, vermifugados e mantidos 14 dias em período de adaptação, recebendo crescentes quantias de alimento concentrado na dieta.

2.3. Alimentação

A formulação das rações e a quantidade fornecida aos animais por dia seguiram as recomendações do NRC (2000) para ganho de 1,5 kg/dia. As rações completas foram fornecidas duas vezes ao dia, às 8h e 16h, constituída de 50% volumoso e 50% concentrado (Tabela 1). As dietas foram iso-energéticas e iso-protéicas.

Tabela 1 - Composição química dos ingredientes da dieta (g/kg de MS) e composição percentual da dieta

Ingredientes	MS ¹	PB ²	MO ³	CIN ⁴	EE ⁵	FDN ⁶	FDA ⁷	NDT ⁸	Dieta%
Silagem de milho	303,0	78,7	966,6	3,34	18,3	402,9	23,94	61,78	50,0
Germen de milho	876,8	99,5	997,4	0,26	26,4	214,4	5,62	79,69	45,0
Farelo de soja	901,2	495,0	941,4	5,86	24,1	116,8	7,33	82,54	4,33
Sal mineral	990,0		107,0	892,9					0,33
Calcário	990,0		5,6	994,4					0,33
Dieta	591,7	105,6	973,4	26,6	22,0	303,0	148,0	703,0	100,0

¹Matéria seca, ²proteína bruta, ³matéria orgânica, ⁴cinzas, ⁵extrato etéreo, ⁶fibra em detergente neutro, ⁷fibra em detergente ácido, ⁸nutrientes digestíveis totais. Dados obtidos do Laboratório de Análise de Alimento e Nutrição Animal – DZO/UEM.

2.4. Tratamentos

Os animais foram distribuídos aleatoriamente em quatro tratamentos em um delineamento inteiramente casualizado com doze repetições. Os tratamentos foram: Testemunha – TES (12 bovinos), Óleos Essenciais – OLI (12 bovinos), Confimax[®] – MAX (12 bovinos) e Levedura – LEV (12 bovinos). No tratamento OLI, foi adicionado 4 g/animal/dia de óleos essenciais naturais de mamona – *Ricinus communis*. (ácido ricinoléico) e óleo de caju – *Anacardium occidentale* (ácido anacárdico, cardol e cardanol) associado ao veículo vermiculita expandida na ração. No tratamento MAX (CONFIMAX[®]), foi adicionado 10 g/animal/dia de uma mistura de óleos essenciais de orégano – *Origanum vulgare* (carvacrol), óleo de mamona, óleo de caju e levedura. No tratamento LEV, foi adicionado 5 g/animal/dia de levedura viva (*Saccharomyces cerevisiae*). Os aditivos acrescentados nas dietas são provenientes de empresas comerciais, e seus produtos são devidamente registrados

no Ministério da Agricultura, os alimentos concentrados foram misturados com os devidos aditivos a cada 3 dias para evitar a oxidação dos ingredientes. Pelo fato de serem produtos comerciais, as concentrações e maneira de preparo das mesmas são mantidos em sigilo, como forma de protecionismo da marca.

2.5. Coleta de amostras e cálculos

Para avaliar o ganho de peso diário (kg), os bovinos foram pesados em jejum de 16h (alimentos sólidos) no início do experimento (maio de 2011) e, posteriormente, a cada 21 dias. O peso final dos bovinos foi aferido ao término do experimento, que se deu aos 94 dias de confinamento. As avaliações da ingestão de alimentos foram realizadas com pesagens diárias dos alimentos fornecidos e das sobras que foram estimadas em 5% do fornecido. A média para ganho de peso diário (GPD) foram determinados pela diferença entre peso vivo inicial (PVI) e o peso vivo final dos animais (PVF) dividido pelo número de dias do experimento (94). A conversão alimentar da matéria seca (CAMS) foi calculada pela razão entre a ingestão e o desempenho animal, conforme a equação: $CAMS = (IMS/GPD)$.

Ao término do experimento, os bovinos foram transportados em jejum de dieta sólida e abatidos de forma humanitária de acordo com as normas de insensibilização do Ministério da Agricultura (MAPA, 2000), por meio de uma concussão cerebral e posterior sangria de acordo com rotina de abate de bovinos no Brasil, em um frigorífico comercial no município de Arapongas – PR, distante a 66 Km do município de Maringá.

As carcaças foram identificadas e realizado um corte sagital, seguindo o esterno e a coluna vertebral, dando origem a duas metades semelhantes, que foram pesadas para a obtenção do peso de carcaça quente (PCQ). O rendimento de carcaça quente (RCQ), foi determinado pela razão entre o peso de carcaça quente e o peso vivo final multiplicado por 100.

As meias carcaças foram devidamente identificadas e acondicionadas em câmara fria ($2 \pm 2^\circ\text{C}$) por um período de 24 horas, para que ocorresse a redução do pH, desenvolvimento e resolução do rigor mortis e a transformação do músculo em carne. Após o período de resfriamento (24 horas após o abate), foram realizadas as avaliações físicas das carcaças.

A conformação foi determinada no lado esquerdo das carcaças, por meio de uma avaliação subjetiva, em que foi considerado o desenvolvimento muscular, excluindo do

julgamento a gordura de cobertura, segundo a metodologia de Müller (1980) (Tabela 2), sendo os valores mais elevados correspondentes à melhor conformação.

As carcaças foram cortadas no sentido transversal, na região entre a 12^a e 13^a costelas, para se obter o acesso ao músculo *Longissimus* e, no lado esquerdo da carcaça foi realizado a determinação da espessura de gordura de cobertura, área de olho de lombo e marmoreio.

Tabela 2 - Sistema de pontuação usado para a avaliação da conformação da carcaça

Conformação	Mais	Média	Menos	Conformação	Mais	Média	Menos
Superior	18	17	16	Regular	9	8	7
Muito boa	15	14	13	Má	6	5	4
Boa	12	11	10	Inferior	3	2	1

Fonte: Müller (1980)

A espessura de gordura de cobertura foi determinada pela média de três pontos equidistantes, com o auxílio de um paquímetro de precisão.

A Área de olho de lombo (AOL) foi determinada após corte transversal entre a 12^a e 13^a costelas, expondo-se o músculo *Longissimus*. O contorno do referido músculo foi traçado em papel vegetal e, posteriormente, a área foi determinada com o auxílio de um planímetro, em cm². A área de olho de lombo foi ajustada para 100 kg de peso vivo (cm²) de acordo com equação: AOL 100 kg PV = (AOL/PCQ) x 100.

O marmoreio (MAR) foi determinado de acordo com uma escala de pontos, pela avaliação subjetiva do músculo *Longissimus* (entre a 12^a e 13^a costelas) e pelo teor de gordura intramuscular conforme a Tabela 3.

Tabela 3 - Escala de pontos para avaliação do grau de marmoreio

Marmoreio	Mais	Médio	Menos	Marmoreio	Mais	Médio	Menos
Abundante	18	17	16	Pequeno	9	8	7
Moderado	15	14	13	Leve	6	5	4
Médio	12	11	10	Traços	3	2	1

Fonte: Müller (1980)

2.6. Análises laboratoriais

Nos alimentos e nas sobras, foram determinados em duplicatas os teores de matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), matéria mineral (MM), proteína bruta (PB) e fibra em

detergente neutro (FDN). As determinações de MS, MO, PB, MM e FDN foram realizadas de acordo com as metodologias descritas pela AOAC (1998).

2.7. Análises estatísticas

O experimento consistiu de quatro tratamentos e doze repetições por tratamento. Os resultados foram submetidos em uma análise de variância, utilizando-se o pacote do SAS (2004) (Statistical Analysis System). A comparação de médias foi realizada pelo teste de Tukey a 5% de significância.

3. Resultados e discussão

O peso vivo inicial (318,2 kg) foi semelhante ($P < 0,05$) entre os quatro tratamentos (Tabela 5). Desta forma, não foi necessário usar o peso inicial como co-variável para ajustar todos os parâmetros avaliados.

O peso vivo final foi maior ($P < 0,05$) para os animais do tratamento MAX em comparação aos animais do tratamento OLI. No entanto, o peso vivo final foi semelhante ($P > 0,05$) para os animais dos tratamentos TES e LEV em relação aos tratamentos MAX e OLI (Tabela 4). Por outro lado, o ganho de peso diário foi maior ($P < 0,05$) para os animais do tratamento MAX em comparação aos animais dos demais tratamentos. O ganho de peso diário foi similar ($P > 0,05$) para os animais dos tratamentos TES, OLI e LEV. O peso vivo final médio está de acordo com as exigências mínimas de mercado brasileiro para animais desta categoria e terminados em confinamento. De modo geral, no Brasil os bovinos são abatidos entre 450 e 500 kg de peso vivo (Dian et al., 2010; Fugita et al., 2012; Ito et al., 2012).

Por outro lado, o elevado valor do GPD observado neste experimento pode, em parte, ser explicado pela condição fisiológica desses animais; machos não castrados que apresentam ganho em peso mais elevado do que animais castrados (Prado et al., 2009), devido à presença do hormônio testosterona, que entre outros, promove o desenvolvimento e manutenção dos caracteres sexuais secundários masculinos (Lee et al., 1990; Lunstra et al., 1978). Além disso, a idade dos animais (22 meses) e a qualidade genética (Angus vs. Nelore) também podem ter contribuído para o elevado ganho em peso observado. Animais jovens, com menos de 24 meses, apresentam maior ganho que animais com idade mais avançada em função da ação dos

hormônios do crescimento (Bretschneider, 2005). Da mesma forma, animais oriundos de cruzamento industrial, sobretudo, entre taurinos e zebrúinos apresentam elevado ganho de peso diário (Dian et al., 2010; Prado et al., 2003; Prado et al., 2008a; Rotta et al., 2009) em função da heterose observada nos animais de primeira geração (Perotto et al., 2000a).

Tabela 4 - Desempenho animal e ingestão de nutrientes de bovinos (Angus vs. Nelore) alimentados com diferentes aditivos e terminados em confinamento

Parâmetros	Tratamentos				SEM ⁵	P<F
	TES ¹	OLI ²	MAX ³	LEV ⁴		
n	12	12	12	12		
Peso inicial, kg	319,8	312,8	320,4	319,8	31,31	Ns
Peso final, kg	464,3ab	456,9b	485,5a	469,1ab	24,09	0,01
Ganho peso diário, kg	1,54b	1,53b	1,76a	1,59b	0,26	0,01
IMS, kg/dia ⁶	7,78	8,25	8,99	8,81	1,81	Ns
IMS/PV, % ⁷	1,98	2,15	2,24	2,23	0,45	Ns
CAMS, kg/GMD ⁸	5,16	5,64	5,14	5,65	1,50	Ns
IPB, kg/dia ⁹	0,82	0,87	0,95	0,93	0,19	Ns
IFDN, kg/dia ¹⁰	2,36	2,50	2,73	2,67	0,55	Ns
IFDN/PV, % ¹¹	0,60	0,65	0,68	0,67	0,14	Ns

¹Testemunha, ²Óleos essenciais, ³Confimax, ⁴Levedura, ⁵Erro-padrão da média, ⁶ingestão de matéria seca, ⁷ingestão de matéria seca em relação ao peso vivo, ⁸Conversão alimentar da matéria seca, ⁹ingestão de proteína bruta, ¹⁰ingestão de fibra em detergente neutro, ¹¹ingestão de fibra em detergente neutro em relação ao peso vivo. Médias seguidas de letras minúsculas diferentes na mesma linha são diferentes (p<0,05).

O maior GPD observado nos animais alimentados com a dieta MAX pode ser explicado pela composição da dieta, onde foi adicionado um mix de óleos essenciais. Embora escassos, alguns dados da literatura mostram que a adição de óleos essenciais à dieta de ruminantes pode aumentar o desempenho animal e melhorar a eficiência alimentar (Benchaar et al., 2008; Benchaar et al., 2006). Da mesma forma, de acordo com Chaves et al. (2008), o carvacrol pode aumentar a proporção de propionato, sendo este um precursor da glicose em ruminantes, podendo resultar em um maior GPD. Ainda, o sinergismo entre óleos essenciais foi observado em alguns trabalhos (Valero et al., 2013). Calsamiglia et al. (2007), em uma revisão de literatura, mostraram que a mistura de diversos óleos essenciais adicionados à dieta de ruminantes melhorou o desempenho animal pela modulação da ação dos microorganismos ruminais. Estes autores atribuíram os efeitos positivos à sinergia entre os vários óleos essenciais.

A adição de aditivos às dietas não influenciou (P>0,05) a ingestão de matéria seca (IMS) e demais nutrientes (Tabela 4). A IMS foi de 8,46 kg/dia ou 2,15% do peso vivo dos

bovinos. Animais mestiços terminados em confinamento, em condições e alimentações semelhantes apresentam, de modo geral, uma IMS da ordem de 8 a 9 kg/dia ou entre 2,0 a 2,5% do peso vivo (Dian et al., 2010; Ito et al., 2010; Maggioni et al., 2009).

Assim, a adição de aditivos às dietas de bovinos em confinamento não reduziu a ingestão de alimentos como observado em outros trabalhos realizados com ruminantes (Benchaar et al., 2008). Da mesma forma, a inclusão de leveduras em dietas de ruminantes parece não reduzir a ingestão de alimentos, mas melhorar a modulação ruminal, sobretudo, em animais mais jovens (Chaucheyras-Durand et al., 2008; Maggioni et al., 2009).

A conversão alimentar da matéria seca (CAMS, ingestão de MS/dia para cada kg de ganho peso diário) não foi alterada ($P>0,05$) com a inclusão dos óleos essenciais e levedura às dietas dos bovinos confinados (Tabela 4). A CAMS observada (5,4) pode ser em parte explicada pela composição genética dos animais (Angus vs. Nelore). Animais cruzados, principalmente com raças britânicas, tendem a apresentar uma melhor eficiência alimentar (Prado et al., 2009; Rotta et al., 2009).

Da mesma forma, outro fator que poderia ter influenciado na eficiência desses animais é a heterose, relativa ao cruzamento de animais diferentes geneticamente, ocasionando um desempenho superior ao esperado à média dos pais e aproveitando as características de cada raça, como a precocidade proveniente dos bovinos da raça Angus e a rusticidade da raça Nelore (Perotto et al., 2000b). Ainda, os animais utilizados neste trabalho não foram castrados. Bovinos não castrados apresentam uma melhor conversão alimentar em comparação aos bovinos castrados (Rotta et al., 2009).

A melhor conversão alimentar dos animais não castrados em relação aos castrados é explicada, também, pela maior produção de testosterona nos primeiros que melhora a transformação de nutrientes em tecido muscular (Bretschneider, 2005; Lunstra et al., 1978). Outro fator que pode explicar a boa conversão alimentar dos animais neste experimento é a densidade energética da dieta, composta com alto teor de concentrado, que melhora a conversão alimentar de bovinos jovens (NRC, 2000).

O peso de carcaça quente foi maior ($P<0,05$) para os animais alimentados com a dieta MAX em comparação as dos animais alimentados com a dieta OLI (Tabela 5). Os pesos de carcaças quentes dos animais alimentados com as dietas MAX e OLI foram semelhantes ($P>0,05$) com os tratamentos TES e LEV. O maior peso de carcaça quente dos animais do tratamento MAX é devido ao maior peso de abate desses animais, uma vez que o rendimento

de carcaça foi similar para as carcaças dos animais de todas as dietas (Tabela 5). O rendimento médio de carcaça quente foi de 52,58%. De modo geral, bovinos mestiços (*Bos taurus* vs. *Bos indicus*) jovens (até 24 meses de idade), não castrados e terminados em confinamento apresentam rendimento de carcaça entre 52 e 56% (Dian et al., 2010; Maggioni et al., 2010; Prado et al., 2008b; Rotta et al., 2009).

Tabela 5 - Características de carcaça de bovinos (Angus vs. Nelore) terminados em confinamento, alimentados com diferentes aditivos

Parâmetros	Tratamentos				SEM ⁵	P<F
	TES ¹	OLI ²	MAX ³	LEV ⁴		
n	12	12	12	12		
Peso de carcaça quente, kg	244,55ab	238,95b	254,60a	247,95ab	13,82	0,01
RCQ, % ⁶	52,70	52,34	52,46	52,82	1,46	Ns
COF, pontos ⁷	12,66ab	13,00ab	12,00b	13,75a	1,19	0,01
EGC, mm ⁸	7,03	7,62	6,96	7,56	1,63	Ns
Área de olho de lombo, cm ²	68,78	66,93	68,64	64,08	11,28	Ns
Marmorização, pontos	5,25	6,00	5,42	5,58	1,48	Ns

¹Testemunha, ²Óleos essenciais, ³Confimax, ⁴Levedura, ⁵Erro-padrão da média, ⁶Rendimento de carcaça quente, ⁷Conformação, ⁸Espessura de gordura de cobertura. Médias seguidas de letras minúsculas diferentes na mesma linha são diferentes (p<0,05).

A conformação de carcaça (COF) foi melhor (P<0,05) para os animais alimentados com a dieta LEV em comparação aos animais alimentados com a dieta MAX (Tabela 5). A COF dos tratamentos LEV e MAX foram semelhantes (P>0,05) para os animais dos tratamentos TES e OLI. A COF é uma importante característica da carcaça, visto que a mesma está diretamente relacionada com a quantidade da porção comestível, por representar a musculosidade da carcaça, principalmente da parte traseira do animal. Apesar de obter valores de COF inferiores, as carcaças dos animais do tratamento do MAX foram classificadas como “boa” na escala de pontos usada, sendo a mesma classificação obtida pelos demais tratamentos. Zawadzki et al. (2013) também não observaram diferenças na COF de bovinos Purunã terminados em confinamento, com a adição de óleos essenciais e glicerina na dieta.

A espessura de gordura de cobertura (EGC, mm) não foi alterada (P>0,05) pela inclusão de aditivos na dieta (Tabela 5). A média observada para a EGC de foi de 7,3 mm. A EGC deve variar entre 3 e 5 mm para melhor conservação e evitar danos à carcaça durante o resfriamento, como o escurecimento e a desidratação. Valores acima podem representar uma perda econômica, pois o custo de produção, para que se deposite a gordura de cobertura, é superior aos custos para deposição de massa muscular nos animais, visto que o tecido adiposo

é o último tecido a ser depositado na carcaça dos animais. No entanto, alguns mercados mais exigentes, como os Estados Unidos, exigem a produção de carcaças com maior espessura de gordura de cobertura, por esta característica estar relacionada com um maior grau de marmorização, que é o último atributo a ser depositado na carne de acordo com o crescimento animal (Harper & Pethick, 2004).

Os valores observados para a área de olho de lombo (AOL, cm²) foram semelhantes ($P>0,05$) entre os bovinos suplementados com diferentes aditivos na dieta (Tabela 5). A média para este parâmetro foi de 67 cm²; valores próximos aos observados por Maggioni et al. (2009) em bovinos cruzados *Bos taurus* vs. *Bos indicus*, terminados em confinamento com duas fontes de volumosos (feno de Tifton ou silagem de sorgo) e adição de levedura na dieta. Como observado no presente trabalho, Rodrigues et al. (2013) não observaram diferenças na AOL, com a suplementação de levedura e outros aditivos em dietas com alto nível de concentrado fornecido aos bovinos Nelore terminados em confinamento.

A adição de diferentes aditivos na dieta não modificou ($P>0,05$) os resultados de marmoreio (MAR, pontos) do músculo *Longissimus* dos animais (Tabela 5). O MAR médio foi de 5,6 pontos e foi considerado como marmoreio “leve”.

O marmoreio é um dos fatores mais importantes na determinação da qualidade da carne. Os consumidores utilizam este parâmetro para avaliar a qualidade e o valor nutricional da carne (Albrecht et al., 2006). Carnes que apresentam maior marmoreio são mais valorizadas no mercado. Um dos fatores para os baixos teores de marmoreio nas carnes deste experimento é a participação da raça Nelore no cruzamento destes animais, visto que, os animais com origem da subespécie *Bos taurus indicus* tem como características menores escores de gordura entremeada na carne em comparação com animais *Bos taurus taurus* (Hocquette et al., 2010; Rotta et al., 2009). Outro fator que contribuiu para um reduzido teor de marmoreio foi à condição fisiológica dos animais, na qual os bovinos não castrados tendem a apresentar uma menor deposição deste tipo de gordura, em comparação aos animais castrados (Bretschneider, 2005; Rotta et al., 2009).

4. Conclusões

A inclusão dos diferentes aditivos testados, na alimentação de bovinos de corte terminados em confinamento, são alternativas naturais para a substituição de produtos

químicos convencionais. A adição de um maior número de aditivos demonstra uma melhor resposta animal (peso final, ganho peso diário, peso de carcaça quente) frente à inclusão de compostos isolados ou com menor número de aditivos, sendo então, recomendada a adição destes, para a melhoria no desempenho de animais (Angus vs. Nelore) terminados em confinamento.

5. Literatura Citada

- ALBRECHT, E., TEUSCHER, F., ENDER, K., et al. Growth-and breed-related changes of marbling characteristics in cattle. **Journal of Animal Science**, v.84(5), p.1067-1075, 2006.
- ANUALPEC. **Anuário da pecuária brasileira**. São Paulo: FNP, 2013. 376 p.
- AOAC. ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis of Association of Official Analytical Chemists**. v.1, 15. ed. Washington: AOC, 1990. 684p.
- BENCHAAR, C., CALSAMIGLIA, S., CHAVES, A.V., et al. A review of plant-derived essential oils in ruminant nutrition and production. **Animal and Feed Science Technology**. v.145, p.209-228, 2008.
- BENCHAAR, C., DUYNISVELD, J.L., CHARMLEY, E. Effects of monensin and increasing dose levels of a mixture of essential oil compounds on intake, digestion and growth performance of beef cattle. **Canadian Journal of Animal Science**. v.86, p.91-96, 2006.
- BERGEN, W.G., BATES, D.B. Ionophores: their effect on production efficiency and mode of action. **Journal of Animal Science**. v.58, p.1465-1483, 1984.
- BRETSCHNEIDER, G. Effects of age and method of castration on performance and stress response of beef male cattle: A review. **Livestock Production Science**. v.97, p.89-100, 2005.
- CALSAMIGLIA, S., BUSQUET, M., CARDOZO, P.W., et al. Invited review: essential oils as modifiers of rumen microbial fermentation. **Journal of Dairy Science**. v.90, p.2580-2595, 2007.
- CHAUCHEYRAS-DURAND, F., WALKER, N., BACH, A. Effects of active dry yeasts on the rumen microbial ecosystem: Past, present and future. **Animal and Feed Science Technology**. v.145, p.5-26, 2008.
- CHAVES, A.V., STANFORD, K., GIBSON, L.L., et al. Effects of carvacrol and cinnamaldehyde on intake, rumen fermentation, growth performance, and carcass characteristics of growing lambs. **Animal and Feed Science Technology**. v.145, p.396-408, 2008.
- COMMUNITY REGISTER OF FEED ADDITIVES, 2003. **Community Register of Feed Additives pursuant to Regulation (EC) No 1831/2003**.
- DIAN, P.H.M., PRADO, I.N., VALERO, M.V. et al. Levels of replacing corn by cassava starch on performance and carcass characteristics of bulls finished in feedlot. **Semina Ciências agrárias**. v.31, p.497-506, 2010.
- DORMAN, H.J.D., DEANS, S.G. Antimicrobial agents from plants: antibacterial activity of plant volatile oils. **Journal of Applied Microbiology**. v.88, p.308-316, 2000.

- FUGITA, C.A., PRADO, I.N., JOBIM, C.C. et al. Corn silage with and without enzyme-bacteria inoculants on performance, carcass characteristics and meat quality in feedlot finished crossbred bulls. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v.41, p.154-163, 2012.
- GOODRICH, R.D., GARRETT, J.E., GAST, D.R., et al. Influence of monensin on the performance of cattle. **Journal of Animal Science**. v.58, p.1484-1498, 1984.
- HARPER, G.S., PETHICK, D.W. How might marbling begin? **Animal Production Science**. v.44, p.653-662, 2004.
- HOCQUETTE, J.F., GONDRET, F., BAZA, E., et al. Intramuscular fat content in meat-producing animals: Development, genetic and nutritional control, and identification of putative markers. **Animal**. v.4, p.303-319, 2010.
- ITO, R.H., DUCATTI, T., PRADO, J.M., et al. Soybean oil and linseed grains on performance and carcass characteristics of crossbred bulls finished in feedlot. **Semina Ciencia agraria**. v.31, p.259-268, 2010.
- ITO, R.H., PRADO, I.N., ROTTA, P.P. et al. Carcass characteristics, chemical composition and fatty acid profile of longissimus muscle of young bulls from four genetic groups finished in feedlot. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v.41, p.384-391, 2012.
- JOSEPHJ, B., PAULI, F. The essential oils of some Australian Cassytha Species (Lauraceae). **Journal of Essential Oil Research**. v.21, p.543-546, 2009.
- KAZAMA, R., ZEOULA, L.M., PRADO, I.N. et al. Características quantitativas e qualitativas da carcaça de novilhas alimentadas com diferentes fontes energéticas em dietas à base de cascas de algodão e de soja. **Revista Brasileira de Zootecia**. v.37, p.350-357, 2008.
- LEE, C.Y., HENRICKS, D.M., SKELLEY, G.C. et al. Growth and hormonal response of intact and castrate male cattle to trenbolone acetate and estradiol. **Journal of Animal Science**. v.68, p.2682-2689, 1990.
- LUNSTRA, D.D., FORD, J.J., ECHTERNKAMP, S.E. Puberty in beef bulls: hormone concentrations, growth, testicular development, sperm production and sexual aggressiveness in bulls of different breeds. **Journal of Animal Science**. v.46, p.1054-1062, 1978.
- MAGGIONI, D., MARQUES, J.A., PEROTTO, D., et al. Bermuda grass hay or sorghum silage with or without yeast addition on performance and carcass characteristics of crossbred young bulls finished in feedlot. **Asian-Australasian Journal of Animal Science**. v.22, p.206-215, 2009.
- MAGGIONI, D., MARQUES, J.A., ROTTA, P.P., et al. Animal performance and meat quality of crossbred young bulls. **Livestock Science**. v.127, p.176-182, 2010.
- MAPA - Ministério da Agricultura. DE, I. P. O. A. H. INSTRUÇÃO NORMATIVA Nº 3, DE 17 DE JANEIRO DE 2000.
- MOREIRA, F.B., MIZUBUTI, I.Y., PRADO, I.N., et al. Protein and mineral supplementation for calves grazing a Mombaça pasture during the winter. **Semina Ciencias agrarias**. v.29, p.203-210, 2008.
- MOREIRA, F.B., PRADO, I.N., CECATO, U. et al. Níveis de suplementação com sal mineral proteinado para novilhos Nelore terminados em pastagem no período de baixa produção forrageira. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v.33, p.1814-1821, 2004.
- MÜLLER, L. **Normas para avaliação de carcaça e concurso de carcaças de novilhos**. 1.ed. Santa Maria: UFSM. 1980. 31p.
- NRC, 2000. **Nutrient Requirements of Beef Cattle**. 7th ed. Natl. Acad. Press, Washington, DC.

- PEROTTO, D., CUBAS, A.C., MOLETTA, J.L. et al. Heterosis upon weights in Canchim and Aberdeen Angus calves and in their reciprocal crosses. **Pesquisa Agropecuaria Brasileira**. v.35, p.2511-2520, 2000a.
- PEROTTO, D., MOLETTA, J.L., PRESTES, O.J.E., et al. Consumo e conversão alimentar de machos bovinos inteiros Charolês, Caracu e cruzamentos recíprocos em confinamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v.29, p.108-116, 2000b.
- PRADO, I.N., MOREIRA, F.B., MATSUSHITA, M. et al. *Longissimus dorsi* fatty acids composition of *Bos indicus* and *Bos indicus* x *Bos taurus* crossbred steers finished in pasture. **Brazilian Archives of Biology Technology**. v.46, p.601-608, 2003.
- PRADO, I.N., PRADO, R.M., ROTTA, P.P., et al. Carcass characteristics and chemical composition of the *Longissimus* muscle of crossbred bulls (*Bos taurus indicus* vs *Bos taurus taurus*) finished in feedlot. **Journal of Animal and Feed Science**. v.17, p.295-306, 2008a.
- PRADO, I.N., ROTTA, P.P., PRADO, R.M., et al. Carcass characteristics and chemical composition of the *Longissimus* muscle of Purunã and 1/2 Purunã vs. 1/2 Canchin bulls meat quality of bulls. **Asian-Australasian Journal of Animal Science**. v.21, p.1296-1302, 2008b.
- PRADO, R.M., PRADO, I.N., MARQUES, J.A. et al. Meat quality of the *Longissimus* muscle of bulls and steers (1/2 Nellore vs 1/2 Simmental) finished in feedlot. **Journal of Animal and Feed Science**. v.18, p.221-230, 2009.
- RODRIGUES, É., ARRIGONI, M.B., ANDRADE, C.R.M., et al. Performance, carcass characteristics and gain cost of feedlot cattle fed a high level of concentrate and different feed additives. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v.42, p.61-69, 2013.
- ROTTA, P.P., PRADO, R.M., PRADO, I.N. et al. The effects of genetic groups, nutrition, finishing systems and gender of Brazilian cattle on carcass characteristics and beef composition and appearance: a review. **Asian-Australasian Journal of Animal Science**. v.22, p.1718-1734, 2009.
- SAS, 2004. **SAS/STAT User guide**, Version 9.1.2. SAS Institute Inc, Cary, NC, USA.
- VALERO, M.V., FARIAS, M.S., ZAWADZKI, F. et al. Propolis and functional oils (cashew and castor oils) on animal performance, apparent digestibility and blood cells of growing crossbred bulls reared in an intensive system. **Livestock Science**. in press, 1-25, 2013.
- VALERO, M.V., ZAWADZKI, F., FRANÇOZO, M.C. et al. Sodium monensin or propolis extract in the diet of crossbred (1/2 Red Angus vs. 1/2 Nellore) bulls finished in feedlot: chemical composition and fatty acid profile of the *Longissimus* muscle. **Semina Ciências agrárias**. v.32, p.1617-1626, 2011.
- WALLACE, R.J. Antimicrobial properties of plant secondary metabolites. **Proceedings of the Nutrition Society**. v.63, p.621-629, 2004.
- ZAWADZKI, F., BONAFÉ, E.G., PRADO, R.M. et al. Corn replace by glycerin and functional oils (*Anacardium acid* and *Ricinoleic acid*) as additive alternative in the diets of crossbred bulls finished in feedlot: carcass and *Longissimus dorsi* characteristics. **Meat Science**. in press, 2013.
- ZAWADZKI, F., PRADO, I.N., MARQUES, J.A. et al. Sodium monensin or propolis extract in the diets of feedlot-finished bulls: effects on animal performance and carcass characteristics. **Journal of Animal and Feed Science**. v.20, p.16-25, 2011.

II - Aditivos naturais na dieta de bovinos (Angus vs. Nelore) terminados em confinamento: característica da carne e composição química do músculo

Longissimus

Resumo

O experimento foi realizado para avaliar a composição química do músculo *Longissimus* de 48 bovinos (Angus vs. Nelore) não castrados, terminados em confinamento durante 94 dias com a adição de diferentes aditivos a dieta. O experimento foi conduzido em um delineamento inteiramente casualizado e distribuídos em 4 tratamentos: Testemunha (TES), Óleos essenciais (OLI), Confimax (MAX) e Levedura (LEV). Os bovinos iniciaram o experimento com uma média de 22 meses de idade e peso vivo inicial médio de 318 ± 30 kg e foram abatidos com uma média de 468 ± 45 kg. No tratamento OLI, foi adicionado 4 g/animal/dia de óleos essenciais de mamona e óleo de caju. No tratamento MAX, foi adicionado 10 g/animal/dia de uma mistura de óleo essencial de orégano, óleo de mamona, óleo de caju e levedura na ração e no tratamento LEV, foi adicionado 5 g/animal/dia de levedura. Não houve efeito da adição de diferentes aditivos na dieta os teores de umidade, cinzas e lipídeos totais. Os teores de proteína bruta foram maiores na carne dos bovinos alimentados com as dietas MAX e LEV. A força de cisalhamento foi modificada ($p < 0,01$), e a carne dos animais suplementados com MAX foram mais macias em relação aos animais do tratamento LEV. O tratamento OLI apresentou menor perda por cocção em comparação ao tratamento TES. A cor não foi modificada com a inclusão de aditivos. A maioria dos ácidos graxos no músculo *Longissimus* não foi alterada com a inclusão de aditivos na dieta. O ácido mirístico foi maior no tratamento TES em relação ao tratamento OLI. O ácido palmítico apresentou maiores resultados no tratamento TES, OLI e MAX em comparação ao tratamento LEV. O ácido oléico foi maior no tratamento LEV do que no tratamento MAX. A percentagem total de AGS, AGMI, AGPI, $n-3$, $n-6$ e as razões entre AGPI/AGS e $n-6/n-3$ não foram alteradas com a inclusão de aditivos na dieta. A adição de aditivos (óleos essenciais de mamona e caju e Confimax) na dieta dos bovinos demonstrou bons resultados na melhoria da qualidade da carne frente às dietas sem a adição de aditivos, sobretudo nos parâmetros de maciez (força de cisalhamento), proteína bruta e perda de água na cocção, sendo então,

recomendado a adição destes compostos na dieta de animais (Angus vs. Nelore) terminados em confinamento, para a obtenção de produtos com uma melhor qualidade nutricional.

Palavras chave: *Anacardium occidentale*, carvacrol, levedura, óleos essenciais, *Ricinus communis*

II – Natural additives in the diet of bulls (Angus vs. Nellore) finished in feedlot: meat characteristics and chemical composition of *Longissimus* muscle

Abstract

The experiment was carried out to evaluate the chemical composition of the *Longissimus* muscle of 48 bulls (Angus vs. Nellore) finished in feedlot for 94 days, with the inclusion of additives in the diets. The experiment was conducted in a completely randomized way and distributed into four treatments: Control (TES), essential oils (OLI), confimax (MAX) and yeast (LEV). The bulls had initial average age of 22 months and live weight of 318 ± 30 kg. Bulls were slaughtered with average final weight of 468 ± 45 kg. In the OLI treatment, 4 g / animal / day of essential oils from castor and cashew were added to the diet; in the MAX (CONFIMAX[®]) treatment, 10 g / animal / day of a mixture with oregano, castor, cashew and yeast oil was added to the diet; and in the LEV treatment, 5 g / animal / day of yeast was added to the diet. The inclusion of additives had no effect on moisture, ash and total lipid levels on the *Longissimus* muscle. The crude protein levels were higher in the meat from bulls fed MAX and LEV diets. The shear force was modified ($p < 0.01$), animals that received the MAX diet had tenderer meat compared to animals that received the LEV diet. The OLI diet had lower cooking losses in comparison to TES diet. There was no effect on color. Most fatty acids in the *Longissimus* muscle were not altered by the inclusion of additives in the diet. The myristic acid was higher in the CON diet compared to the OLI diet. Palmitic acid was lower for the LEV diet. Oleic acid was higher in the LEV diet than in the MAX diet. The percentage of total SFA, MUFA, PUFA, $n-3$, $n-6$, and the ratio between PUFA / SFA and $n-6/n-3$ were not changed by the inclusion of additives in the diet. The addition of additives (essential oils of castor and cashew and Confimax) in the diet of cattle demonstrated good results. The meat quality of these diets were better than those without additives, especially in parameters like tenderness (shear force), crude protein and water loss during cooking, and so, the addition of these compounds in the diet of (Angus vs Nellore) animals finished in feedlot is recommended to obtain products with better quality.

Key words: *Anacardium occidentale*, carvacrol, yeast, essential oils, *Ricinus communis*

1. Introdução

A produção de carne bovina no Brasil é proveniente de animais terminados em pastagem, devido à grande extensão territorial e grandes áreas disponíveis para as pastagens (ANUALPEC, 2013), assim como pelo baixo custo de produção (Silva et al., 2010). No entanto, nos últimos anos, a terminação de bovinos em confinamento está aumentando de forma significativa (Dian et al., 2010; Maggioni et al., 2009; Prado et al., 2009). Todavia, para atender às exigências, animais com ganhos acima de 1,5 kg/dia é necessária a inclusão de elevados níveis de energia e proteína (Dian et al., 2010; Maggioni et al., 2009). Além disso, a adição de elevados níveis de grãos de oleaginosas e cereais perturba a modulação ruminal (Van Soest, 1991).

Para minimizar a perturbação ruminal, vários aditivos, ionóforos e antibióticos são adicionados às dietas de ruminantes (Goodrich et al., 1984). No entanto, em razão das possíveis resistências desses produtos aos microrganismos ruminais e possíveis contaminação da carne animal com consequências à saúde humana (Russell & Houlihan, 2003), esses compostos estão sendo eliminados da União Européia desde 2006 pela EFSA (Autoridade Européia da Segurança do Alimento) por meio da regulação 1831/2003/EC, da mesma forma a entrada de produtos cárneos advindos de produções em que os animais recebam estes tipos de aditivos na dieta, também terá sua entrada restrita na União Europeia. Assim sendo, vários trabalhos estão sendo realizados com objetivo de encontrar produtos não invasivos à saúde animal e qualidade da carne para substituir os compostos que estão sendo proibidos ou tem seu uso restrito.

Desta forma, é de grande importância a tentativa da inclusão de aditivos em dietas de ruminantes como as leveduras (Chaucheyras-Durand et al., 2008; Maggioni et al., 2009), probióticos (Rafter, 2002), tamponantes, própolis (Prado et al., 2013; Valero et al., 2011) e compostos naturais, entre eles os extratos de plantas e óleos essenciais (Benchaar et al., 2008).

Óleos essenciais são misturas complexas de substâncias voláteis, lipofílicas e com baixo peso molecular e geralmente possuem odor acentuado. Os óleos essenciais podem ser extraídos de diversas partes das plantas, como as folhas, flores, caules, sementes, raízes e cascas.

O orégano (*Origanum vulgare*) é uma planta perene, pertencente à família *Lamiaceae*, tendo como origem o Mediterrâneo, porém sendo cultivado há muitos anos em várias partes do globo terrestre, principalmente para a sua utilização na culinária. O carvacrol é um dos

principais óleos essenciais encontrado no orégano, e está sendo pesquisado como uma alternativa ao uso de antibióticos na produção animal, possuindo propriedades antibacterianas, antiparasitárias e antioxidantes (Fasseas et al., 2008).

A mamona (*Ricinus communis* L.), pertencente à família *Euphorbiaceae*, tem como centro de origem a África, produzida principalmente para a obtenção das suas sementes de onde é extraído o óleo de mamona ou óleo de rícino, largamente empregado na indústria química e mais recentemente na produção do biodiesel (Chechetto et al., 2010). O óleo de rícino, extraído pela prensagem das sementes da mamona, contém cerca 85-90% de ácido graxo ricinoléico (Vaisman et al., 2008), desempenhando ação antimicrobiana, agindo como um ionóforo divalente, possuindo também ação antiinflamatória (Kadri et al., 2011).

O cajueiro (*Anacardium occidentale*), família *Anacardiaceae*, originário do Brasil, possui como parte comestível o pseudofruto chamado de caju, e o fruto, de onde é extraído a castanha e o líquido da castanha de caju, sendo este último beneficiado e utilizado de formas variadas na indústria química. Os princípios ativos do líquido da casca da castanha do caju são os ácidos anacárdico, cardol, cardanol e 2-metilcardóis. A composição do óleo varia de acordo com a sua origem e o processo de extração (Gedam & Sampathkumaran, 1986). O ácido anacárdico é um componente do óleo de caju com ação antioxidante (Kubo et al., 2006) e antimicrobiana (Himejima & Kubo, 1991). Os ácidos anacárdico e o cardol são compostos fenólicos e funcionam como um ionóforo monovalente (Nagabhushana et al., 1995). O cardanol tem atividade tanto antiinflamatória, como antioxidante (Trevisan et al., 2006).

As leveduras vivas, mais especificamente a *Saccharomyces cerevisiae* tem sido usada na alimentação animal há varias décadas por ser fonte de vitaminas do complexo B e minerais (Chaucheyras-Durand et al., 2008). De acordo com Wallace (1994), o uso de *Saccharomyces cerevisiae* pode melhorar o ganho de peso com intensidade semelhante aos ionóforos, em decorrência da resposta ao aumento na ingestão de matéria seca. Entretanto, as respostas são variáveis e dependem da quantidade oferecida e do tipo de dieta (Desnoyers et al., 2009; Martins et al., 2000).

O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da adição de diferentes aditivos na alimentação de bovinos (Angus vs. Nelore) confinados, sobre a qualidade da carne e a composição dos ácidos graxos do músculo *Longissimus*.

2. Material e Métodos

2.1. Local

O experimento foi desenvolvido no Setor Rosa Prado de Bovinocultura de Corte da Fazenda Experimental de Iguatemi, pertencente à Universidade Estadual de Maringá (UEM). As análises químicas da carne foram realizadas no Laboratório de Análises de Alimentos e Nutrição Animal (LANA) do Departamento de Zootecnia, Laboratório de Análises de Alimentos do Departamento de Química e no Complexo de Centrais de Apoio à Pesquisa da UEM.

2.2. Animais e instalações

Foram utilizados 48 bovinos (Angus *vs.* Nelore) não castrados, com 22 meses de idade e peso médio de $318,2 \pm 18$ kg. Os animais foram adquiridos de uma única propriedade. Antes do início do experimento, os bovinos foram mantidos em pastagem (*Brachiaria brizantha* cv. Marandu) com o fornecimento apenas de sal mineral. Durante o período de confinamento, os bovinos foram alojados aleatoriamente em baias individuais com chão de concreto, com dimensões de 10 m^2 . As baias eram parcialmente cobertas e possuíam bebedouros individuais e comedouros de concreto (2 m x 0,4 m x 0,5 m). No início do experimento, os animais foram vacinados contra febre aftosa, vermifugados e mantidos 14 dias em período de adaptação.

2.3. Alimentação

A formulação das rações e a quantidade fornecida aos animais por dia seguiram as recomendações do NRC (2000) para ganho de 1,5 kg/dia. As rações completas foram fornecidas duas vezes ao dia, às 8h e 16h, constituída de 50% volumoso e 50% concentrado (Tabela 1). As dietas foram iso-energéticas e iso-protéicas.

2.4. Tratamentos

Os animais foram distribuídos aleatoriamente em quatro tratamentos em um delineamento inteiramente casualizado com doze repetições. Os tratamentos foram:

Testemunha – TES (12 bovinos), Óleos Essenciais – OLI (12 bovinos), Confimax[®] – MAX (12 bovinos) e Levedura – LEV (12 bovinos). No tratamento OLI, foi adicionado 4 g/animal/dia de óleos essenciais naturais de mamona – *Ricinus communis*. (ácido ricinoléico) e óleo de caju – *Anacardium occidentale* (ácido anacárdico, cardol e cardanol) associado ao veículo vermiculita expandida na ração. No tratamento MAX, foi adicionado 10 g/animal/dia de uma mistura de óleos essenciais de orégano – *Origanum vulgare* (carvacrol), óleo de mamona, óleo de caju e levedura. No tratamento LEV, foi adicionado 5 g/animal/dia de levedura viva (*Saccharomyces cerevisiae*). Os aditivos acrescentados nas dietas são provenientes de empresas comerciais, e seus produtos são devidamente registrados no Ministério da Agricultura. Pelo fato de serem produtos comerciais, as concentrações e maneira de preparo das mesmas são mantidos em sigilo, como forma de protecionismo da marca.

2.5. Coleta de amostras e cálculos

Ao término do experimento, após um período de 94 dias, os bovinos foram transportados em jejum de dieta sólida e abatidos de forma humanitária, de acordo com as normas de insensibilização do Ministério da Agricultura (MAPA, 2000), por meio de uma concussão cerebral e posterior sangria de acordo com rotina de abate de bovinos no Brasil, em um frigorífico comercial no município de Arapongas – PR, distante a 66 Km do município de Maringá.

As carcaças foram identificadas e realizado um corte sagital, seguindo o esterno e a coluna vertebral, dando origem a duas metades semelhantes. Na sequência, as carcaças foram cortadas no sentido transversal, na região entre a 12^a e 13^a costelas, para se obter o acesso ao músculo *Longissimus* no lado esquerdo da carcaça. As amostras do *Longissimus* foram devidamente embaladas, identificadas e congeladas a vácuo a -20° C para posteriores análises.

2.6. Análises laboratoriais

Coloração: para análise instrumental de cor, as amostras ficaram expostas ao ar por 40 minutos para a reação da mioglobina com o oxigênio atmosférico. Em seguida, a cor foi medida pelo aparelho colorímetro portátil Minolta[®] CR10, com esfera de integração e ângulo

de visão de 8° e iluminante C. A avaliação da cor foi baseada no sistema CIELAB (CIE, 1986) (Minolta, 1998), que avalia a cor pela reflectância da luz em três dimensões: L* que representa luminosidade e a* e b* que representam a saturação (croma) e a tonalidade (cor). O valor de L* igual à zero corresponde ao preto e 100 ao branco. Os valores de a* variam do -a* que representa o verde ao +a*, o vermelho. O valor de -b* ao azul e +b* corresponde ao amarelo. Para cada amostra foram realizadas três leituras e para a análise estatística utilizou-se o valor médio de cada amostra.

Com essas médias, calculou-se croma C* [$C = (a^{*2} + b^{*2})^{1/2}$] e tonalidade H* [$h = \tan^{-1}(b^*/a^*)$] de acordo com as recomendações da CIE descritas em MacDougall (1994).

Para a análise de força de cisalhamento, foi adotado o procedimento padronizado e proposto por Wheeler et al. (2005). Utilizaram-se as amostras das análises de perda de água por cocção, e após a cocção, as amostras permaneceram armazenadas por 24 h a 2°C. Foram retiradas seis sub amostras no sentido das fibras de 2,5 cm de comprimento e 1,0 cm de diâmetro. As sub amostras que apresentaram muito tecido conectivo foram descartadas. A força de cisalhamento foi tomada perpendicularmente à orientação das fibras musculares com a lâmina Warner-Bratzler Shear adaptada no texturômetro Stable Mycro Systems TA-XT2i. As velocidades utilizadas foram de 1,0 mm/s no pré-teste e no teste e de 5,0 mm/s no pós-teste. Os resultados foram expressos em kgf, e as médias das leituras de cada amostra foram utilizadas na análise estatística a fim de se obter maior precisão nos resultados obtidos.

A perda de água na cocção foi obtida pela diferença de peso da amostra descongelada e após o cozimento em grill pré-aquecido a 170°C, até alcançarem a temperatura interna de aproximadamente 71°C.

A análise de oxidação lipídica (TBARS - thiobarbituric acid-reactive substances) do músculo *Longissimus* foi determinado pelo procedimento descrito por Botsoglou et al. (1994). As avaliações de TBARS foram calculados a partir de uma curva padrão e expresso como mg de malonaldeído (MDA) por kg de carne.

Após o descongelamento realizado em ambiente refrigerado, as amostras de carne sem gordura de cobertura foram moídas para determinação dos teores de umidade e cinzas, segundo a metodologia da AOAC (1980). O teor de proteína bruta foi determinado por meio do método Kjeldahl (Cunniff, 1995). Os lipídeos totais foram determinados, segundo a metodologia descrita por Bligh & Dyer (1959) com a mistura de clorofórmio e metanol.

A composição em ácidos graxos foi determinada após transesterificação dos triacilglicerídeos para obtenção dos ésteres metílicos, conforme método ISO (1978). Os ésteres metílicos de ácidos graxos foram separados em cromatógrafo a gás Thermo, modelo trace ultra 3300, equipado com um detector de ionização de chama e coluna capilar de sílica fundida CP – 7420 (Select FAME) (100 m de comprimento, 0,25 mm de diâmetro interno e 0,25 μ m de cianopropil). O fluxo de H₂ (gás de arraste) foi de 1,2 mL/min, com 30 mL/min de N₂ (make up); e 35 e 300 mL/min, para o H₂ e ar sintético. O volume injetado foi de aproximadamente 2,0 μ L, utilizando Split 1:80, sendo as temperaturas do injetor e detector de 220 e 230° C, respectivamente; enquanto a coluna foi 165° C por 10 min sendo elevada a taxa de 4° C/min até 235° C e mantida por 8 min. As porcentagens foram determinadas pela integração das áreas dos picos pelo Software Chronquest, versão 5.0.

2.7. Análises estatísticas

O experimento consistiu de quatro tratamentos e doze repetições por tratamento. Os resultados foram submetidos à uma análise de variância utilizando-se o pacote do SAS (2004) (Statistical Analysis System). A comparação de médias foi realizada pelo teste de Tukey a 5% de significância.

3. Resultados e discussão

De acordo com Mancini & Hunt (2005), a cor da carne é um dos principais fatores que determina o valor do produto no momento da sua comercialização, visto que o consumidor relaciona a cor da carne com suas qualidades sensoriais.

Os valores observados para cor da carne não foram alterados ($p > 0,05$) pela adição de diferentes aditivos na dieta dos bovinos (Angus vs. Nelore) e terminados em confinamento (Tabela 2).

Os valores médios observados para luminosidade (L*) foram de 37,5 pontos e para cor vermelha (a*) de 16,3 pontos. As médias observadas para L* e de a* estão dentro dos valores estabelecidos por Page et al. (2001) que classificaram a carne bovina como escuras quando L* abaixo de 30 e como carnes claras quando L* acima de 38. Assim, neste experimento a carne pode ser classificada como clara.

Em relação à intensidade de amarelo, a carne pode ser classificada como b^* abaixo de 3,4 como menos amarela e b^* acima de 8,3 como mais amarela. Assim, os valores observados para a variável b^* (9,1) classificam esta carne como amarelada. A cor mais amarelada da carne pode estar relacionada com a presença de um maior teor de β -caroteno presente no alimento, pois quanto mais carotenos presente, maior será a influência sobre este parâmetro, como observado por Kerth et al. (2007) no qual observou esta variação em novilhos cruzados alimentados com azevém ou em dietas, contendo alta proporção de concentrado na dieta. Os animais antes de entrarem em confinamento permaneceram em pastagens de *Brachiária decumbens* durante o período do verão. Desta forma, a ingestão de pastagem de boa qualidade pode ter possibilitado uma reserva de β -caroteno, que caracterizaria uma carne mais amarela (Realini et al., 2004; Zawadzki et al., 2013b).

O ângulo de tonalidade (Hue – H^*) é calculado como uma função colorimétrica de a^* e b^* , e esse ângulo é correlacionado com a descoloração da carne, como causa da oxidação da mioglobina. O croma (C^*) se relaciona com os fatores *ante-mortem* e determina a saturação da cor, devido à quantidade de pigmento no músculo (MacDougall, 1994). Os valores de H^* e de C^* não foram modificados com inclusão de aditivos na dieta dos bovinos (Tabela 4) e estão dentro dos limites observados na revisão de Muchenje et al. (2009). Os valores observados neste experimento são semelhantes aos observados por Insausti et al. (1999); Rodas-González et al. (2011).

A carne dos animais alimentados com a dieta MAX obteve o menor valor ($p < 0,05$) de força de cisalhamento (6,14), em relação à carne dos animais alimentados com a dieta LEV (7,81) (Tabela 3). Os valores de força de cisalhamento das carnes dos animais dos tratamentos TES, OLI e LEV foram semelhantes. Da mesma forma, os valores de força de cisalhamento das carnes dos animais das dietas TES, OLI e MAX foram semelhantes. Independentemente do tratamento, o valor força de cisalhamento deste estudo está acima do valor considerado (6 kgf) para que a carne seja considerada macia (Miller et al., 2001; Shackelford et al., 1999). Na realidade, os animais usados neste experimento eram bovinos jovens não castrados e oriundos de cruzamento industrial entre *Bos taurus* (Angus) e *Bos indicus* (Nelore). Bovinos não castrados e com a participação de genes *Bos indicus* apresentam uma carne menos macia (Abularach et al., 1998; Shackelford et al., 1995). A menor maciez da carne de animais com a participação de genes *Bos indicus* está diretamente relacionada ao complexo calpaína e calpastatina (Giusti et al., 2013).

A força de cisalhamento da carne está determinada diretamente pelas propriedades das estruturas miofibrilares, conjuntivas e citoesqueleto, das quais são muito variáveis dependendo da espécie, raça, sexo, idade e influenciam numerosas variáveis biológicas e tecnológicas (Wheeler et al., 2005) podendo ser determinada também pelo peso de abate, nutrição, tempo de maturação, tipo do músculo, o tempo e a temperatura do cozimento (Purchas et al., 2002).

A carne dos animais suplementados com OLI teve as menores perdas por cocção ($p < 0,05$), em relação à carne dos animais alimentados com a dieta TES (Tabela 3). A perda por cocção para as carnes dos animais das dietas OLI, MAX e LEV foram semelhantes. Da mesma forma, a perda por cocção das carnes dos animais das dietas TES, MAX e LEV foram semelhantes. A perda média por cocção foi da ordem de 30%. De modo geral, a perda por cocção da carne bovina de animais jovens, cruzados e terminados em confinamento pode variar entre 35 e 30%. Desta forma, os valores observados neste trabalho estão dentro dos padrões normais de perda por cocção (Oliván et al., 2004; Serra et al., 2008). De modo geral, é conhecido que a cocção desnatura as proteínas do músculo que influencia diretamente suas características estruturais (Tornberg, 2005) e, desta forma, para uma distribuição de água na carne (Pearce et al., 2011). Estas mudanças na carne determinam uma substancial perda de água que pode ser de 20 a 35%.

A oxidação lipídica determinada pelo meio TBARS (mg MDA/kg de carne) do músculo *Longissimus* não foi alterada ($p > 0,05$) com a inclusão dos diferentes tipos de aditivos na dieta dos bovinos confinados (Tabela 3). A média observada para os valores de TBARS foi de 0,26 mg de MDA/kg carne. A evolução dos valores de TBARS está diretamente relacionada à maturação da carne (Faustman et al., 2010). No presente experimento, a carne foi congelada 48 horas após o abate e permaneceu congelada durante 6 meses.

De modo geral, os valores de TBARS em carne fresca está abaixo de 0,10 mg MDA/kg de carne (Campo et al., 2006; Resconi et al., 2012). No entanto, em carnes congeladas por período igual ou superior a 6 meses os valores de TBARS são mais elevados (Muela et al., 2010). Valores superiores (0,64 mg MDA/kg carne) foram observados por Zawadzki et al. (2013a) avaliando a carne de bovinos da raça Purunã terminados em confinamento, alimentados com silagem de milho e concentrado, e avaliando a substituição do milho em grão por glicerina e/ou a inclusão de óleos funcionais de mamona e caju na dieta. No entanto,

o autor justifica os altos valores observados ao elevado tempo de armazenamento da carne (mais de 6 meses), que poderia ter influenciado nos resultados obtidos.

Não houve efeito ($p>0,05$) da adição de diferentes aditivos na dieta dos bovinos (Angus vs. Nelore) terminados em confinamento sobre os teores de umidade e cinzas do músculo *Longissimus* (Tabela 3). Os teores médios de umidade e cinzas foram de 72,7% e de 1,07%, respectivamente. De modo geral, o teor de cinzas oscila de 1,0 a 1,2% na carne de bovinos jovens terminados em confinamento (Maggioni et al., 2010; Rotta et al., 2009). No entanto, o teor de umidade na carne de bovinos mostra uma maior variação em função da raça, grau de acabamento, idade e alimentação (Prado et al., 2009; Rotta et al., 2009). Bovinos jovens, como no presente caso, têm maior teor de umidade na carne (Ducatti et al., 2009; Rotta et al., 2009). Desta forma, a adição de diferentes aditivos na dieta não alterou os níveis de umidade e cinzas da carne de bovinos como observado por outros autores (Fugita et al., 2012; Valero et al., 2013; Zawadzki et al., 2013a).

As carnes dos bovinos alimentados com as dietas MAX e LEV tiveram maior teor de proteína bruta ($p<0,05$), com valores médios de 23,4% (Tabela 4). Os animais da dieta OLI resultaram com média de 23,1%, sendo semelhantes às das dietas MAX e LEV, sendo este, também semelhante ao tratamento TES, que obteve menor valor de proteína, com valor médio de 22,6%. Dados semelhantes foram observados por Maggioni et al. (2009) com média de 23,4% de proteína bruta na carne. Apesar de ter ocorrido diferença nos teores de proteína bruta, os teores de proteína da carne geralmente pouco variam em função da dieta (Rotta et al., 2009; Wood et al., 1999).

O teor de lipídeos totais do *Longissimus* não foi alterado ($p>0,05$) com a inclusão dos aditivos na dieta dos bovinos (Tabela 4). A média observada entre os tratamentos foi de 2,0%. Os teores de lipídeos são os componentes que mais variam na carne. Segundo Rotta et al. (2009); Wood et al. (2008) a percentagem de lipídeos na carne varia em função da espécie, a raça, sexo, manejo, alimentação, região anatômica, idade, clima, entre outros.

A inclusão de óleos essenciais de mamona e caju, carvacrol e de levedura na dieta dos bovinos (Angus vs. Nelore) terminados em confinamento não tiveram efeito ($p>0,05$) na composição centesimal dos ácidos graxos no músculo *Longissimus* (Tabela 5). Todavia, os ácidos graxos C14:0 (ácido mirístico), C14:1 n-9 (ácido fisetérico), C16:0 (ácido palmítico), C18:1 n-9 (ácido oléico), C18:1 n-7 (ácido vacênico), 18:3 n-6 (ácido γ -linolênico) apresentaram uma tendência ($p<0,10$) entre os tratamentos testados.

A composição dos ácidos graxos na carne bovina é dependente de diversos fatores, como a raça, a idade, sexo e a composição da dieta (Rotta et al., 2009; Wood et al., 2008). Os principais ácidos graxos observados no músculo *Longissimus* foram palmítico (16:0), esteárico (18:0) e o oléico (18:1 *n*-9), representando mais de 80% do total de ácidos graxos identificados. Estes resultados são semelhantes aos dados observados por (Maggioni et al., 2010; Rotta et al., 2009).

O ácido graxo mirístico (C14:0) foi modificado ($p < 0,10$) com a inclusão de diferentes aditivos na dieta dos bovinos, sendo que o tratamento TES apresenta maior percentual (3,27) deste ácido graxo em comparação com a carne dos bovinos alimentados com a dieta OLI (2,83), os tratamentos MAX e LEV foram semelhantes aos outros tratamentos apresentando médias de 3,12% e de 2,87%, respectivamente.

A percentagem do ácido graxo palmítico (C16:0) foi maior ($p < 0,10$) na carne dos animais alimentados com as dietas TES, OLI e MAX, podendo ser observadas médias de 26,3; 26,3 e de 26,5%, respectivamente. Os bovinos do tratamento LEV apresentaram menor percentagem deste ácido graxo saturado, com uma média de 25,02%. Maggioni et al. (2009) não observaram diferenças na percentagem deste ácido graxo com a inclusão de levedura em dietas com silagem de sorgo ou feno de Bermuda (*Cynodon spp.*) na dieta de bovinos cruzados terminados em confinamento, obtendo média semelhante ao tratamento LEV (24,9%).

Um dos ácidos graxos com grande participação na composição da carne bovina é o ácido graxo esteárico (C18:0), que não foi modificado com a inclusão dos aditivos na dieta. A média quantificada deste ácido graxo entre os tratamentos foi de 16,7%. Valores superiores (18,6%) foram observados por Zawadzki et al. (2013a) com a inclusão de óleos essenciais de mamona e caju na dieta de bovinos Purunã terminados em confinamento.

A percentagem do ácido oléico (C18:1 *n*-9) no músculo *Longissimus* foi modificada ($p < 0,10$) com a inclusão de aditivos na dieta dos bovinos. Os animais com a adição de levedura na dieta obtiveram maiores teores deste ácido graxo na composição (41,4%), em relação aos animais do tratamento MAX (39,0%). Os animais dos tratamentos TES e OLI apresentaram médias semelhantes aos demais tratamentos, com médias deste ácido graxo de 39,6 e 39,7, respectivamente. Maggioni et al. (2009) não observaram diferenças na percentagem deste ácido graxo na carne de bovinos mestiços alimentados com silagem de

sorgo ou feno de grama Bermuda com a inclusão de levedura na dieta, e quantificaram menores valores para ácido oléico na carne destes animais (35,6%).

A percentagem média do ácido vacênico (18:1 *n*-7) no músculo *Longissimus* variou ($p < 0,10$) com a inclusão de aditivos na dieta dos bovinos (Angus vs. Nelore) terminados em confinamento. A carne dos animais do tratamento MAX obteve média superior em relação ao tratamento OLI, apresentando teores deste ácido graxo de 1,41 e de 1,08%, respectivamente. Os bovinos dos tratamentos TES e LEV apresentaram médias de 1,18 e de 1,21%, respectivamente; sendo estes resultados semelhantes aos dos tratamentos MAX e OLI.

Entre os ácidos graxos insaturados quantificados mais importantes estão os ácidos linoléico (18:2 *n*-6) e o α -linolênico (18:3 *n*-3) que são classificados como ácidos graxos estritamente essenciais, devendo ser ingeridos na alimentação, pois as células dos mamíferos não possuem a capacidade de sintetizá-los, e também devido à capacidade de formar outros ácidos graxos importantes (Wood et al., 2003) como os ácidos graxos da família *n*-3, que tem como precursor o ácido linoléico e os ácidos graxos da família *n*-6, que possui como precursor o ácido α -linolênico (Daley et al., 2010).

Os valores médios quantificados dos ácidos graxos linoléico e α -linolênico foram de 2,85 e 0,26%, respectivamente. Por outro lado, Maggioni et al. (2009) observaram valores superiores destes ácidos graxos em comparação aos do presente trabalho, no qual os bovinos cruzados foram alimentados com silagem de sorgo ou feno de grama Bermuda, e com a suplementação de levedura na dieta dos animais confinados. Um dos fatores para a redução destes ácidos graxos observados, é que em ruminantes estes são intensamente biohidrogenados no rúmen, resultando em ácido esteárico (Tamminga & Doreau, 1991).

As percentagens de ácidos graxos saturados (AGS), monoinsaturados (AGMI), poli-insaturados (AGPI), ácidos graxos *n*-3, ácidos graxos *n*-6 e as razões entre AGPI:AGS e *n*-6:*n*-3 do músculo *Longissimus* não foram alteradas ($P > 0,05$) pela adição de diferentes tipos de aditivos na dieta (Tabela 6). As percentagens de AGS, AGMI e AGPI foram de 47,9; 47,8 e 4,3%, respectivamente. De modo geral, em carne bovina as percentagens de AGS e AGMI estão entre 45 e 50% (Maggioni et al., 2009; Rotta et al., 2009; Wood et al., 2008). A percentagem média de AGPI foi de 4,3%. Carne de bovinos jovens e terminados em confinamento com ração de volumoso e concentrado de 50% apresenta uma percentagem de AGPI entre 5 e 10% (Maggioni et al., 2009; Rotta et al., 2009).

A razão observada de AGPI:AGS foi de 0,09. A razão de AGPI/AGS tem um importante papel na redução do risco de problemas cardíacos (Calder, 2004; Scollan et al., 2006; Wood et al., 2008). No entanto, a razão recomendada de AGPI:AGS é maior de 0,4 (HMSO, 1994).

A razão média de $n-6/n-3$ observada foi de 7,8. A HMSO (1994) recomenda uma razão de consumo de $n-6/n-3$ igual ou menor que 4:1. Sendo que maiores proporções de $n-3$ é importante para evitar o aparecimento de doenças coronarianas, auto-imunes, câncer de mama, próstata e cólon e artrite reumatóide (Calder, 2004), e devido a propriedades pró-inflamatórias do $n-6$, devendo-se diminuir sua ingestão para auxiliar na prevenção de doenças (MacRae et al., 2005).

4. Conclusões

A inclusão dos diferentes aditivos testados na alimentação de bovinos de corte, terminados em confinamento, são alternativas naturais para a substituição de produtos químicos convencionais. A adição de aditivos (óleos essenciais de mamona e caju e Confimax) na dieta dos bovinos demonstrou bons resultados na melhoria da qualidade da carne frente às dietas sem a adição de aditivos, sobretudo nos parâmetros de maciez (força de cisalhamento), proteína bruta e perda de água na cocção, sendo então, recomendado a adição destes compostos na dieta de animais (Angus vs. Nelore) terminados em confinamento, para obtenção de produtos com melhor qualidade.

Tabela 1

Composição química dos ingredientes da dieta (g/kg de MS) e composição percentual da dieta

Ingredientes	% MS								Dieta%
	MS ¹	PB ²	MO ³	CIN ⁴	EE ⁵	FDN ⁶	FDA ⁷	NDT ⁸	
SM ⁹	303,0	7,87	966,6	3,34	1,83	402,9	23,94	61,78	50,0
GM ¹⁰	876,8	9,95	997,4	0,26	2,64	214,4	5,62	79,69	45,0
FS ¹¹	901,2	49,5	941,4	5,86	2,41	116,8	7,33	82,54	4,33
Sal mineral	990,0		10,7	892,9					0,33
Calcário	990,0		0,56	994,4					0,33
Dieta	591,7	10,56	97,34	2,66	2,20	30,3	14,8	70,3	100

¹Matéria seca, ²proteína bruta, ³matéria orgânica, ⁴cinzas, ⁵extrato etéreo, ⁶fibra em detergente neutro, ⁷fibra em detergente ácido, ⁸nutrientes digestíveis totais, ⁹silagem de milho, ¹⁰gérmen de milho, ¹¹farelo de soja. Dados obtidos do Laboratório de Análise de Alimento e Nutrição Animal – DZO/UEM.

Tabela 2

Cor da carne de bovinos (Angus vs. Nelore) terminados em confinamento, alimentados com diferentes aditivos

Parâmetros	Tratamentos				SEM ⁵	P<F
	TES ¹	OLI ²	MAX ³	LEV ⁴		
n	12	12	12	12		
Luminosidade (L*)	38,65	37,57	37,24	36,45	2,56	Ns
I.V. (a*) ⁶	15,71	16,62	15,93	16,97	2,22	Ns
I.A. (b*) ⁷	9,09	8,83	9,19	9,28	1,40	Ns
Croma (C*)	18,17	18,83	18,41	19,37	2,47	Ns
Hue (H*)	22,17	23,84	23,29	24,91	3,39	Ns

¹Testemunha, ²Óleos essenciais, ³Confimax, ⁴Levedura, ⁵Erro-padrão da média, ⁶intensidade de vermelho, ⁷intensidade de amarelo.

Tabela 3

Características da carne de bovinos (Angus vs. Nelore) terminados em confinamento e alimentados com diferentes aditivos

Parâmetros	Tratamentos				SEM ⁵	P<F
	TES ¹	OLI ²	MAX ³	LEV ⁴		
n	12	12	12	12		
F.C. ⁶ , Kgf	7,12ab	6,35ab	6,14a	7,81b	1,71	0,01
Perda por cocção, %	31,45b	26,72a	29,29ab	28,47ab	3,48	0,01
Oxidação lipídica ⁷	0,26	0,26	0,26	0,26	0,01	Ns

¹Testemunha, ²Óleos essenciais, ³Confimax, ⁴Levedura, ⁵Erro-padrão da média, ⁶força de cisalhamento, ⁷ácido 2-Thiobarbituric (mg malonaldeído por kg de carne). Médias seguidas de letras minúsculas diferentes na mesma linha são diferentes (p<0,05).

Tabela 4

Composição química da carne de bovinos (Angus vs. Nelore) terminados em confinamento e alimentados com diferentes aditivos

Parâmetros	Tratamentos				SEM ⁵	P<F
	TES ¹	OLI ²	MAX ³	LEV ⁴		
n	12	12	12	12		
Umidade, %	72,64	73,05	72,60	72,49	1,17	ns
Cinzas, %	1,06	1,06	1,08	1,07	0,05	ns
Proteína bruta, %	22,60b	23,11ab	23,43a	23,38a	0,79	0,01
Lipídeos totais, %	1,93	1,97	2,12	2,01	0,63	ns

¹Testemunha, ²Óleos essenciais, ³Confimax, ⁴Levedura, ⁵Erro-padrão da média. Médias seguidas de letras minúsculas diferentes na mesma linha são diferentes (p<0,05).

Tabela 5

Composição percentual de ácidos graxos de bovinos (Angus vs. Nelore) terminados em confinamento e suplementados com diferentes aditivos

Ácidos graxos	Tratamentos				SEM ⁵	P<F
	TES ¹	OLI ²	MAX ³	LEV ⁴		
N	12	12	12	12		
12:0	0,06	0,06	0,06	0,06	0,00	Ns
13:0	0,04	0,03	0,03	0,04	0,00	Ns
14:0	3,27a	2,83b	3,12ab	2,87ab	0,48	t
14:1 <i>n</i> -9	0,81a	0,55b	0,69ab	0,59b	0,24	t
15:0	0,28	0,27	0,28	0,26	0,04	Ns
15:1 <i>n</i> -9	0,13	0,13	0,13	0,14	0,02	Ns
16:0	26,30a	26,33a	26,49a	25,02b	1,45	t
16:1 <i>n</i> -9	0,25	0,24	0,24	0,25	0,03	Ns
16:1 <i>n</i> -7	3,28	2,93	3,24	3,02	0,39	Ns
16:1 <i>n</i> -5	0,46	0,44	0,43	0,44	0,05	Ns
17:0	0,78	0,83	0,81	0,81	0,09	Ns
17:1 <i>n</i> -9	0,58	0,55	0,59	0,59	0,06	Ns
18:0	16,21	17,37	16,50	16,88	1,51	Ns
18:1 <i>n</i> -9t	1,13	1,20	1,18	1,17	0,18	Ns
18:1 <i>n</i> -9	39,61ab	39,70ab	39,03b	41,40a	2,49	t
18:1 <i>n</i> -7	1,18ab	1,08b	1,41a	1,21ab	0,37	t
18:2 <i>n</i> -6	2,89	2,84	2,98	2,70	0,72	Ns
18:3 <i>n</i> -6	0,14a	0,12ab	0,12ab	0,10b	0,04	t
18:3 <i>n</i> -3	0,27	0,26	0,26	0,25	0,06	Ns
20:0	0,36	0,37	0,38	0,38	0,04	Ns
20:1 <i>n</i> -9	0,25	0,26	0,26	0,29	0,05	Ns
22:0	0,12	0,11	0,11	0,11	0,05	Ns
20:4 <i>n</i> -6	0,80	0,70	0,83	0,70	0,26	Ns
20:5 <i>n</i> -3	0,17	0,15	0,18	0,16	0,06	Ns
22:4 <i>n</i> -6	0,11	0,11	0,11	0,09	0,04	Ns
22:5 <i>n</i> -3	0,02	0,06	0,02	0,01	0,06	Ns
22:6 <i>n</i> -3	0,08	0,05	0,06	0,06	0,02	Ns
24:0	0,46	0,43	0,47	0,42	0,15	Ns

¹Testemunha, ²Óleos essenciais, ³Confimax, ⁴Levedura, ⁵Erro-padrão da média. t = p<0,10, Médias seguidas de letras minúsculas diferentes na mesma linha são diferentes (p<0,10).

Tabela 6

Somatório de ácidos graxos saturados (AGS), monoinsaturados (AGMI), poli-insaturados (AGPI), ácidos graxos *ômega*-6 (*n*-6), ácidos graxos *ômega*-3 (*n*-3), razões AGPI:AGS e *n*-6:*n*-3 do músculo *Longissimus* de bovinos (Angus vs. Nelore) terminados em confinamento, suplementados com diferentes aditivos

Ácidos graxos	Tratamentos				SEM ⁵	P<F
	TES ¹	OLI ²	MAX ³	LEV ⁴		
N	12	12	12	12		
AGS	47,88	48,63	48,26	46,85	2,42	Ns
AGMI	47,68	47,08	47,18	49,23	2,56	Ns
AGPI	4,45	4,29	4,56	4,06	1,15	Ns
<i>n</i> -3	0,51	0,52	0,52	0,48	0,15	Ns
<i>n</i> -6	3,94	3,77	4,24	3,58	1,03	Ns
AGPI:AGS	0,09	0,09	0,09	0,09	0,03	Ns
<i>n</i> -6/ <i>n</i> -3	7,82	7,67	7,93	7,72	1,02	Ns

¹Tratamento testemunha, ²Óleos essenciais, ³Confimax, ⁴Levedura, ⁵Erro-padrão da média.

0

5. Literatura citada

- Abularach, M.L.S., Rocha, C.E., Felício, P.E. (1998). Características de qualidade do contrafilé (M. L. dorsi) de touros jovens da raça Nelore. *Ciência e Tecnologia de Alimentos* 18, 205-210.
- ANUALPEC. (2013). *Anuário da Pecuária Brasileira*. Instituto FNP, São Paulo, SP, BR.
- AOAC. *Association of official analytical chemists*. Official methods of analysis of Association of Official Analytical Chemists. v.1, 15. ed. Washington: AOC, (1990). 684p.
- Benchaar, C., Calsamiglia, S., Chaves, A.V., Fraser, G.R., Colombatto, D., McAllister, T.A., Beauchemin, K.A. (2008). A review of plant-derived essential oils in ruminant nutrition and production. *Animal Feed Science Technology* 145, 209-228.
- Bligh, E.G., Dyer, W.J. (1959). A rapid method of total lipid extraction and purification. *Canadian Journal of Biochemistry Physiology* 37, 911-917.
- Botsoglou, N.A., Fletouris, D.J., Papageorgiou, G.E., Vassilopoulos, V.N., Mantis, A.J., & Trakatellis, A.G. (1994). Rapid, sensitive, and specific thiobarbituric acid method for measuring lipid peroxidation in animal tissue, food, and feedstuff samples. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 42(9), 1931-1937.
- Calder, P.C. (2004). n-3 Fatty acids and cardiovascular disease: evidence explained and mechanisms explored. *Clinical Science*. 107, 1-11.
- Campo, M.M., Nute, G.R., Hughes, S.I., Enser, M., Wood, J.D., Richardson, R.I. (2006). Flavour perception of oxidation in beef. *Meat Science*, 72, 303-311.
- Chaucheyras-Durand, F., Walker, N., Bach, A. (2008). Effects of active dry yeasts on the rumen microbial ecosystem: Past, present and future. *Animal Feed Science Technology*, 145, 5-26.
- Chechetto, R.G., Siqueira, R., Gamero, C.A. (2010). Balanço energético para a produção de biodiesel pela cultura da mamona (*Ricinus communis* L.). *Revista Ciência Agronômica* 41, 546-553.
- CIE. (1986). *Colorimetry*, Commission Internationale de l'Eclairage, Commission Internationale de l'Eclairage, Vienna.
- Community Register of Feed Additives. (2003). *Community Register of Feed Additives pursuant to Regulation (EC) No 1831/2003*.

- Cunniff, P. (1995). *Official methods of analysis* of AOAC International, Association of Official Analytical Chemists Inc.
- Daley, C.A., Abbott, A., Doyle, P.S., Nader, G.A., Larson, S. (2010). A review of fatty acid profiles and antioxidant content in grass-fed and grain-fed beef. *Nutrition Journal*, 9, 10.
- Desnoyers, M., Giger-Reverdin, S., Bertin, G., Duvaux-Ponter, C., Sauvant, D. (2009). Meta-analysis of the influence of *Saccharomyces cerevisiae* supplementation on ruminal parameters and milk production of ruminants. *Journal of Dairy Science*, 92, 1620-1632.
- Dian, P.H.M., Prado, I.N., Valero, M.V., Rotta, P.P., Prado, R.M., Silva, R.R., Bertipaglia, L.M.A. (2010). Levels of replacing corn by cassava starch on performance and carcass characteristics of bulls finished in feedlot. *Semina Ciencia Agraria*, 31, 497-506.
- Ducatti, T., Prado, I.N., Rotta, P.P., Prado, R.M., Perotto, D., Maggioni, D., Visentainer, J.V. (2009). Chemical composition and fatty acid profile in crossbred (*Bos taurus* vs. *Bos indicus*) young bulls finished in a feedlot. *Asian-Australasian Journal of Animal Science*, 22, 433-439.
- Fasseas, M.K., Mountzouris, K.C., Tarantilis, P.A., Polissiou, M., Zervas, G. (2008). Antioxidant activity in meat treated with oregano and sage essential oils. *Food Chemistry*, 106, 1188-1194.
- Faustman, C., Sun, Q., Mancini, R., Suman, S.P. (2010). Myoglobin and lipid oxidation interactions: Mechanistic bases and control. *Meat Science*, 86, 86-94.
- Fugita, C.A., Prado, I.N., Jobim, C.C., Zawadzki, F., Valero, M.V., Pires, M.C.O., Prado, R.M., Françoço, M.C. (2012). Corn silage with and without enzyme-bacteria inoculants on performance, carcass characteristics and meat quality in feedlot finished crossbred bulls. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 41, 154-163.
- Gedam, P.H., Sampathkumaran, P.S. (1986). Cashew nut shell liquid: Extraction, chemistry and applications. *Progress in Organic Coatings*, 14, 115-157.
- Giusti, J., Castan, E., Dal Pai, M., Arrigoni, M.B., Rodrigues, B.S., Oliveira, H.N. (2013). Expression of genes related to quality of *Longissimus dorsi* muscle meat in Nellore (*Bos indicus*) and Canchim (5/8 *Bos taurus* vs. 3/8 *Bos indicus*) cattle. *Meat Science*, 94, 247-252.

- Goodrich, R.D., Garrett, J.E., Gast, D.R., Kirick, M.A., Larson, D.A., Meiske, J.C. (1984). Influence of monensin on the performance of cattle. *Journal of Animal Science*, 58, 1484-1498.
- Himejima, M., Kubo, I. (1991). Antibacterial agents from the cashew *Anacardium occidentale* (Anacardiaceae) nut shell oil. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 39, 418-421.
- HMSO. (1994). England Department of Health Nutritional. Aspects of cardiovascular disease. *Report on Health and Social Subjects*, 46, 37-46.
- Insausti, K., Beriain, M.J., Purroy, A., Alberti, P., Lizaso, L., Hernandez, B. (1999). Colour stability of beef from different Spanish native cattle breeds stored under vacuum and modified atmosphere. *Meat Science*, 53, 241-249.
- ISO. (1978). *Animal and Vegetable Fats and Oils – Preparation of Methyl Esters of Fatty Acids. Method ISO 5509*. Geneva, Switzerland: International Organization for Standardization.
- Kadri, A., Gharsallah, N., Damak, M., Gdoura, R. (2011). Chemical composition and *in vitro* antioxidant properties of essential oil of *Ricinus communis* L. *Journal of Medicinal Plants Research*, 5, 1466-1470.
- Kerth, C.R., Braden, K.W., Cox, R., Kerth, L.K., Rankins Jr, D.L. (2007). Carcass, sensory, fat color, and consumer acceptance characteristics of Angus-cross steers finished on ryegrass (*Lolium multiflorum*) forage or on a high-concentrate diet. *Meat Science*, 75, 324-331.
- Kubo, I., Masuoka, N., Ha, T.J., Tsujimoto, K. (2006). Antioxidant activity of anacardic acids. *Food Chemistry*, 99, 555-562.
- MacDougall, D.B. (1994). Changes in the colour and opacity of meat. *Food Chemistry*, 9, 75-88.
- MacRae, J., O'Reilly, L., Morgan, P. (2005). Desirable characteristics of animal products from a human health perspective. *Livestock Production Science*, 94, 95-103.
- Maggioni, D., Marques, J.A., Perotto, D., Rotta, P.P., Ducatti, T., Matsushita, M., Silva, R.R., Prado, I.N. (2009). Bermuda grass hay or sorghum silage with or without yeast addition on performance and carcass characteristics of crossbred young bulls finished in feedlot. *Asian-Australasian of Journal of Animal Science*, 22, 206-215.

- Maggioni, D., Marques, J.A., Rotta, P.P., Perotto, D., Ducatti, T., Visentainer, J.V., Prado, I.N. (2010). Animal performance and meat quality of crossbred young bulls. *Livestock Science*, 127, 176-182.
- Mancini, R.A., Hunt, M.C. (2005). Current research in meat color. *Meat Science*, 71, 100-121.
- MAPA - Ministério da Agricultura. DE, I. P. O. A. H. INSTRUÇÃO NORMATIVA Nº 3, DE 17 DE JANEIRO DE 2000.
- Martins, A.S., Prado, I.N., Zeoula, L.M., Branco, A.f., Nascimento, W.G. (2000). Apparent digestibility of diets containing corn or cassava hull as energy source and cottonseed meal or yeast as protein source, in heifers. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 29, 269-277.
- Miller, M.F., Carr, M.A., Ramsey, C.B., Crockett, K.L., Hoover, L.C. (2001). Consumer thresholds for establishing the value of beef tenderness. *Journal of Animal Science*, 79, 3062-3068.
- Muchenje, V., Dzama, K., Chimonyo, M., Strydom, P.E., Hugo, A., Raats, J.G. (2009). Some biochemical aspects pertaining to beef eating quality and consumer health: A review. *Food Chemistry*, 112, 279-289.
- Muela, E., Sañudo, C., Campo, M.M., Medel, I., Beltrán, J.A. (2010). Effect of freezing method and frozen storage duration on instrumental quality of lamb throughout display. *Meat Science*, 84, 662-669.
- Nagabhushana, K.S., Shobha, S.V., Ravindranath, B. (1995). Selective ionophoric properties of anacardic acid. *Journal of Natural Products*, 58, 807-810.
- NRC. (2000). *Nutrient Requirements of Beef Cattle*. 7th ed. Natl. Acad. Press, Washington, DC.
- Oliván, M., Martínez, A., Osoro, K., Sañudo, C., Panea, B., Olleta, J.L., Campo, M.M., Oliver, M.À., Serra, X., Gil, M., Piedrafita, J. (2004). Effect of muscular hypertrophy on physico-chemical, biochemical and texture traits of meat from yearling bulls. *Meat Science*, 68, 567-575.
- Page, J.K., Wulf, D.M., Schwotzer, T.R. (2001). A survey of beef muscle color and pH. *Journal of Animal Science*, 79, 678-687.

- Pearce, K.L., Rosenvold, K., Andersen, H.J., Hopkins, D.L. (2011). Water distribution and mobility in meat during the conversion of muscle to meat and ageing and the impacts on fresh meat quality attributes — A review. *Meat Science*, 89, 111-124.
- Prado, I.N., Valero, M.V., Torrecilhas, J.A., Prado, R.M., Zawadzki, F., Lima, B.S., Eiras, C.E., Madrona, G.M. (2013). Propolis and cashew and castor oils on animal performance, apparent digestibility and carcass characteristics of crossbred bulls finished in feedlot. *Meat Science*, in press.
- Prado, R.M., Prado, I.N., Marques, J.A., Rotta, P.P., Visentainer, J.V., Silva, R.R., Souza, N.E. (2009). Meat quality of the *Longissimus* muscle of bulls and steers (1/2 Nellore vs 1/2 Simmental) finished in feedlot. *Journal of Animal Feed Science*, 18, 221-230.
- Purchas, R.W., Burnham, D.L., Morris, S.T. (2002). Effects of growth potential and growth path on tenderness of beef *Longissimus* muscle from bulls and steers. *Journal of Animal Science*, 80, 3211-3221.
- Rafter, J.J. (2002). Scientific basis of biomarkers and benefits of functional foods for reduction of disease risk: cancer. *British Journal of Nutrition*, 88, S219-S224.
- Realini, C.E., Duckett, S.K., Brito, G.W., Dalla Rizza, M., Mattos, D. (2004). Effect of pasture vs. concentrate feeding with or without antioxidants on carcass characteristics, fatty acid composition, and quality of Uruguayan beef. *Meat Science*, 66, 567-577.
- Resconi, V.C., Escudero, A., Beltrán, J.A., Olleta, J.L., Sañudo, C., Campo, M.M. (2012). Color, lipid oxidation, sensory quality, and aroma compounds of beef steaks displayed under different levels of oxygen in a modified atmosphere package. *Journal of Food Science*, 71, S10-S18.
- Rodas-González, A., Narváez-Bravo, C., Brashears, M.M., Rogers, H.B., Tedford, J.L., Clark, G.O., Brooks, J.C., Johnson, B.J., Rathmann, R.J., Miller, M.F. (2011). Evaluation of the storage life of vacuum packaged Australian beef. *Meat Science*, 88, 128-138.
- Rotta, P.P., Prado, R.M., Prado, I.N., Valero, M.V., Visentainer, J.V., Silva, R.R. (2009). The effects of genetic groups, nutrition, finishing systems and gender of Brazilian cattle on carcass characteristics and beef composition and appearance: a review. *Asian-Australasian Journal of Animal Science*, 22, 1718-1734.
- Russell, J.B., Houlihan, A.J. (2003). Ionophore resistance of ruminal bacteria and its potential impact on human health. *FEMS Microbiology Reviews*, 27, 65-74.
- SAS. (2004). *SAS/STAT User guide*, Version 9.1.2. SAS Institute Inc, Cary, NC, USA.

- Scollan, N., Hocquette, J.F., Nuernberg, K., Dannenberger, D., Richardson, I., Moloney, A. (2006). Innovations in beef production systems that enhance the nutritional and health value of beef lipids and their relationship with meat quality. *Meat Science*, 74, 17-33.
- Serra, X., Guerrero, L., Guàrdia, M.D., Gil, M., Sañudo, C., Panea, B., Campo, M.M., Olleta, J.L., García-Cachán, M.D., Piedrafita, J., Oliver, M.A. (2008). Eating quality of young bulls from three Spanish beef breed-production systems and its relationships with chemical and instrumental meat quality. *Meat Science*, 79, 98-104.
- Shackelford, S.D., Wheeler, T.L., Koohmaraie, M. (1995). Relationship between shear force and trained sensory panel tenderness ratings of 10 major muscles from *Bos indicus* and *Bos taurus* cattle. *Journal of Animal Science*, 73, 3333-3340.
- Shackelford, S.D., Wheeler, T.L., Koohmaraie, M. (1999). Evaluation of slice shear force as an objective method of assessing beef longissimus tenderness. *Journal of Animal Science*, 77, 2693-2699.
- Silva, R.R., Prado, I.N., Carvalho, G.G.P., Júnior, S., Paixão, M.L., Filho, G.A. (2010). Níveis de suplementação na terminação de novilhos Nelore em pastagens: aspectos econômicos. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 39, 2091-2097.
- Tamminga, S., Doreau, M. (1991). Lipids and rumen digestion, In: Jouany, J.-P. (Ed.), *Rumen microbial metabolism and ruminant digestion*, Institut National de la Recherche Agronomique, Paris, FR, pp. 151-164.
- Tornberg, E. (2005). Effects of heat on meat proteins—Implications on structure and quality of meat products. *Meat Science*, 70, 493-508.
- Trevisan, M.T.S., Pfundstein, B., Haubner, R., Würtele, G., Spiegelhalder, B., Bartsch, H., Owen, R. (2006). Characterization of alkyl phenols in cashew (*Anacardium occidentale*) products and assay of their antioxidant capacity. *Food and Chemical Toxicology*, 44, 188-197.
- Vaisman, B., Shikanov, A., Domb, A. (2008). The Isolation of Ricinoleic Acid from Castor Oil by Salt-solubility-based Fractionation for the Biopharmaceutical Applications. *Journal of the American Oil Chemmists' Society*, 85, 169-184.
- Valero, M.V., Torrecilhas, J.A., Zawadzki, F., Bonafé, E.G., Madrona, G.M., Prado, R.M., Visentainer, J.V., Prado, I.M. (2013). Propolis or functional oils (cashew and castor oils) on carcass characteristics, meat quality and chemical composition in the Longissimus muscle of crossbred bulls finished in a feedlot. *Meat Science*, in press.

- Valero, M.V., Zawadzki, F., Françoço, M.C., Farias, M.S., Rotta, P.P., Prado, I.N., Visentainer, J.V., Zeoula, L.M. (2011). Sodium monensin or propolis extract in the diet of crossbred (½ Red Angus vs. ½ Nellore) bulls finished in feedlot: chemical composition and fatty acid profile of the *Longissimus* muscle. *Semina Ciências Agrararias*, 32, 1617-1626.
- Van Nevel, C.J. (1991). *Modification of rumen fermentation by the use of additives, Rumen microbial metabolism and ruminant digestion*, INRA, Paris, pp. 263-280.
- Wallace, R.J. (1994). Ruminant microbiology, biotechnology, and ruminant nutrition: progress and problems. *Journal of Animal Science*, 72, 2992-3003.
- Wheeler, T.L., Cundiff, L.V., Shackelford, S.D., Koohmaraie, M. (2005). Characterization of biological types of cattle (Cycle VII): carcass, yield, and longissimus palatability traits. *Journal of Animal Science*, 83, 196-207.
- Wood, J.D., Enser, M., Fisher, A.V., Nute, G.R., Richardson, R.I., Sheard, P.R. (1999). Manipulating meat quality and composition. *Proceedings of the Nutrition Society*, 58, 363-370.
- Wood, J.D., Enser, M., Fisher, A.V., Nute, G.R., Sheard, P.R., Richardson, R.I., Hughes, S.I., Whittington, F.M. (2008). Fat deposition, fatty acid composition and meat quality: A review. *Meat Science*, 78, 343-358.
- Wood, J.D., Enser, M., Fisher, A.V., Nute, G.R., Whittington, F.M., Richardson, R.I. (2003). Effects of diets on fatty acids and meat quality. *Options Méditerranéennes, Series A*, 67, 133-141.
- Zawadzki, F., Bonafé, E.G., Prado, R.M., Valero, M.V., Visentainer, J.E.L., Prado, I.N. (2013a). Corn replace by glycerin and functional oils (*Anacardium acid* and *Ricinoleic acid*) as additive alternative in the diets of crossbred bulls finished in feedlot: carcass and *Longissimus dorsi* characteristics. *Meat Science*, in press.
- Zawadzki, F., Prado, I.N., Prache, S. (2013b). Influence of level of barley supplementation on plasma carotenoid content and fat spectrophotometric characteristics in lambs fed a carotenoid-rich diet. *Meat Science*, 94, 297-303.

III - Effects of castration age, protein level and lysine/methionine ratio in the diet on colour, lipid oxidation, and meat acceptability of intensively reared Friesian steers

Abstract

Sixty-four intensively reared Friesian steers were used to evaluate the effects of castration age (15 d vs. 5 mo), dietary protein level (13% vs. 15%) and lysine/methionine (lys/met) ratio (3.0 vs. 3.4) on meat quality. Castration age did not affect meat colour over 12 d of display. Dietary protein level and lys/met ratio had little or no effect on L* and b* of the meat over the display period, but a* values were higher in the meat from animals that were fed a low protein level and low lys/met ratio diet. Visual acceptability of the meat declined throughout the 9-d display period more rapidly. Differences among the treatments were observed except on day 9. Lipid oxidation of the meat did not differ significantly among the treatment groups; however, consumer acceptability tended to be higher for the meat from steers that were fed a high protein level and high lys/met ratio diet.

Key words: amino acids, consumers, meat quality, production system

1. Introduction

Several factors can influence meat quality and the consumer's choice. To produce high quality meat, attention has to be paid to factors associated with the animal and the production system, such as management practices and animal nutrition, which influence muscle development and factors associated with the processing of the meat (Short, Grings, MacNeil, Heitschmidt, Williams & Bennett, 1999). Thus, genetic group, nutrition, finishing system, slaughter weight, transportation, sex, castration, storage method and ageing contribute to differences in meat quality (Bretschneider, 2005; French et al., 2000; Rotta, Prado, Prado, Valero, Visentainer & Silva, 2009; Vestergaard, Therkildsen, Henckel, Jensen, Andersen & Sejrsen, 2000; Webb & O'Neill, 2008; Wood et al., 2008; Zhang, Xiao, Samaraweera, Lee & Ahn, 2010).

Studies that have compared the quality of the meat from steers and bulls have been equivocal. Some have found that steers produced meat that received higher sensory scores, particularly, for tenderness (Dikeman et al., 1986; Gregory, Seideman & Ford, 1983), while others found little or no difference (Morgan, Wheeler, Koohmaraie, Savell & Crouse, 1993). Bocard & Bordes (1986) did not detect a significant effect of early or late castration on the shear force values of the *Longissimus thoracis*, although the *Pectoralis profundus* was tougher in late castrated Friesian animals than in bulls.

Holstein steers reared and finished over a prolonged (266 d) period suggested that a diet with a relatively low protein level would not compromise feedlot performance or carcass characteristics (Hussein & Berger, 1995), even in double muscled animals (Schiavon, De Marchi, Tagliapietra, Bailoni, Cecchinato & Bittante, 2011). In the same way, diets supplemented with various levels of lysine and methionine did not enhance the feedlot performance or carcass characteristics, specifically, diets that contained 13% of crude protein and either 5%, 10%, or 15% of rumen-protected lysine and methionine did not limit animal performance (Hussein & Berger, 1995).

In animals slaughtered at about 12 mo of age, the effects of pre-pubertal castration, dietary protein level and lysine/methionine ratio on meat quality have not been thoroughly examined. Most of the studies on beef quality have involved animals >20 mo old (Bretschneider, 2005; Knight, Cosgrove, Death & Anderson, 1999; Mach, Bach, Realini, Font i Furnols, Velarde & Devant, 2009; Rotta et al., 2009). Furthermore, little is known about the

effects of dietary protein level and amino acid requirements on some meat quality traits such as changes in colour during the display period or the consumer acceptability of beef.

The objective of this study was to determine if pre-pubertal, early (15 d old) or late castration (5 mo old), dietary protein level (13% vs. 15%) and lysine/methionine ratio (3.0 vs. 3.4) affect the meat quality traits of Friesian steers finished intensively on concentrate diets.

2. Materials and methods

2.1. Animals and treatments

Sixty-four Friesian steers were used in a complete factorial design in a conventional farm in Spain. Half of the animals were castrated before 15 d of age: their scrotum was shortened by stretching and the testicles were pressed against the animal's body and secured in place by slipping a rubber ring over the scrotum below the testicles. The other half were castrated under anaesthetic at 5 mo of age using a standard Burdizzo instrument (La Burdizzo, Corso Sebastopoli 187, Turin, Italy) as described by Fisher, Crowe, Varga and Enright (1996). Animals were weighed at 90 d of age and assigned to one of the eight similar pens (treatments), based on their age of castration (15 d old vs. 5 mo old), the level of protein (13% vs. 15%) and the lysine/methionine ratio (lys/met) (3.0 vs. 3.4) in their diets, following NRC (2000) recommendations. The average initial live weight (LW), balanced within treatments at the beginning of the experiment, was 92.9 ± 0.65 kg. Animals were fed concentrate and barley straw *ad libitum* in separate feeders by batch. For additional details of diets, castration methods, production, animal performance, and meat characteristics, see Prado et al. (2013).

2.2. Sampling

The animals were slaughtered in an EU-licensed commercial slaughterhouse at a mean LW = 414.6 ± 38.6 kg. A captive bolt pistol was used to stun the steers and the carcasses were not subjected to electrical stimulation. Twenty-four hours *post-mortem*, the left *Longissimus thoracis* and *lumborum* muscle (LTL) (T6-L2 section) were removed from the left carcass and sliced into either 2.0-cm-thick (for assessments of visual acceptability and consumer tests) or 3.5-cm-thick steaks (for assessments of instrumental colour and lipid oxidation).

The samples used in the analyses of colour and lipid oxidation were packaged individually in a modified atmosphere (80% O₂/20% CO₂ – by commercial recommendation) and displayed at 4 ± 1 °C under simulated retail conditions using fluorescent light (1200 lux, 12 h on) in a commercial display unit until the analysis. The samples used in the visual evaluation and consumer test were individually vacuum packaged, stored for 7 d in refrigeration and darkness at 4°C ± 1 °C, and frozen and stored at -18 ± 2 °C until the analysis.

2.3. Meat colour

The lightness (L*), redness (a*), and yellowness (b*) of the muscle were measured using a Minolta CR-200b spectrophotometer (Konica Minolta Holdings Inc., Osaka, Japan) in the CIELab space (CIE, 1986) after 0 h, 1 h, 1 d, 5 d, 8 d, and 12 d of simulated display. The analysis was based on the average of 3 measurements per parameter.

2.4. Visual acceptability of the meat

After the samples had been thawed for 24 h at 0-4 °C, they were placed in individually packaged trays with a modified atmosphere (MAP) (80% O₂/20% CO₂). Each day, 18 different consumers used a 9-point structured hedonic scale (1 = dislike extremely to 9 = like extremely) to assess the visual acceptability of the meat. Every two days, the individual codes of the samples and the positions of the trays inside the display unit (in the same conditions as the evaluation of physical colour) were changed.

2.5. Lipid oxidation analysis (TBARS)

Samples used in the lipid oxidation analysis were those used in the colour analysis. Lipid oxidation was quantified using the Thiobarbituric Acid Reactive Substances (TBARS) method following Pfalzgraf, Frigg & Steinhart (1995). Values were expressed as mg of malonaldehyde (MDA) per kg of meat.

2.6. Consumer test

The test involved a total of 120 individuals without training, and the population was balanced by gender (55% males, 45% females) and age (25.0% of the individuals were >30 yr old, 31.3% were between 31 and 44 yr old, 21.3% were between 45 to 59 yr old, and 22.4% were >60 yr old). Before each session, consumers were asked to provide their sex, age, and occupation, and given instructions for the test. Throughout the test, the consumers were supervised to insure that the proper procedures were followed. Each consumer was presented with eight samples, one from each treatment group, which were served and tasted in a random order (Macfie, Bratchell, Greehoff & Vallis, 1989). To help standardize the condition of the palate before each sample was tasted, the consumers were instructed to eat a bit of bread and drink some mineral water at the beginning of the sensory evaluation and between samples. Consumers evaluated overall, tenderness and flavour acceptability using a 9-point structured hedonic scale (1 = dislike extremely to 9 = like extremely), which does not have a neutral central point (neither like or dislike) and obliges the consumer to make either a positive or a negative decision (Font i Furnols et al., 2009).

The day before each session, the frozen samples were thawed for 24 h at 0-4 °C. To achieve an internal muscle temperature of 13-15 °C, the steaks were kept at ambient temperature (20 °C) for approximately 1 h before cooked at 200 °C on a pre-heated, double-grill hotplate (SAMMIC GRD10) until the internal temperature reached 70 °C, which was monitored using a JENWAY 2000 internal thermocouple. The samples, ten homogeneous cubes per steak, were wrapped individually in aluminium foil, marked with a unique 3-digit code and kept warm at 50 °C until they were served, <10 min after they were cooked, in a random order to avoid first-over and carry-over effects (Macfie et al., 1989).

2.7. Statistical analyses

For the analyses of lipid oxidation and colour development, the effects of castration age, dietary protein level and lys/met ratio were assessed using the following model: $Y_{ijk} = \mu + C_i + P_j + R_k + C_i * P_j + C_i * R_k + P_j * R_k + C_i * P_j * R_k + e_{ijk}$, where Y_{ijk} is the dependent variable, μ is the population average, C_i is the castration age (fixed effect), P_j is the protein level, R_k is the lysine/methionine ratio, $C_i * P_j$ is the interaction between castration age and protein level, $C_i * R_k$ is the interaction between castration age and lysine/methionine ratio, $P_j * R_k$ is the interaction between protein level and lysine/methionine ratio, $C_i * P_j * R_k$ is the interaction

among castration age, protein level, and lys/met ratio, and e_{ijk} is the error. The effect of display was assessed within treatment, using the following model: $Y_i = \mu + D_i + e_i$, where Y_i is the dependent variable, μ is the population average, D_i is the storage time (fixed effect), and e_i is the error.

For the analyses of visual acceptability, the model used was the same as the model for lipid oxidation and colour development, but the consumer was included as a random effect. However, significant interactions occurred (data not shown); therefore, another analysis was performed with treatment as a fixed effect [8 levels (2 castration age x 2 protein level x 2 lys/met ratio)] within display period.

For the consumer tests, the analyses were the same as those used to assess meat colour, but without including display period, and with consumer included as a random effect; however, castration age was not a significant factor in the model and a significant interaction occurred between dietary protein level and lys/met ratio (data not shown); therefore, an analysis was performed with the treatment as a fixed effect (4 levels, protein level x lys/met ratio).

Descriptive statistics (mean and standard error of the difference) are presented for each dependent variable. When the main effect was significant, the Duncan's Multiple Range Test ($P \leq 0.05$) was used.

3. Results and discussion

3.1. Meat colour

The castration age of intensively reared Friesian steers did not have a significant ($P > 0.05$) effect on the lightness (L^*), redness (a^*), or yellowness (b^*) of the meat displayed for 12 d (Table 1, 2 and 3). All L^* , a^* , and b^* were >39 , <24 , and <13 , respectively which is typical of the meat from beef cattle reared intensively characterized by a lower physical activity and fed a diet that is low in roughage and high in concentrate (Realini, Duckett, Brito, Dalla Rizza & Mattos, 2004). The increased production of anabolic hormones by the testicles (Adams, Daley, Adams & Sakurai, 1996) after the onset of puberty, which occurs at 9 mo of age in Holstein bulls (Lunstra, Ford & Echternkamp, 1978), is the main factor that creates differences in the characteristics of meat from bulls and steers (Boccard, Naude, Cronje, Smit,

Venter & Rossouw, 1979; Seideman, Cross, Oltjen & Schanbacher, 1982). In our study, the animals were castrated at either 15 d or at 5 mo of age, and slaughtered at about 12 mo of age. Thus, the hormonal changes did not occur. In addition, the excitable temperament and, therefore, the rates of ante-mortem glycolysis; which increases pH, contribute to the darker colour of bull meat (Monin, 1991). However, in our study ultimate meat pH was <5.6 and did not differ significantly among treatment groups (Prado et al., 2013).

Dietary protein level and lysine/methionine ratio had a significant effect on a^* (Table 2) but had little or no effect on the L^* (Table 1) and b^* (Table 3) values of the meat. At 0 h and 1 h of blooming, the a^* values of the meat were similar, however, after that, they were lower in the meat from steers that had high protein in their diet; which differs from the results of Schiavon et al. (2011) who found that the protein level (14.5% vs. 10.8% DM) in the diet of bulls did not have a significant effect on the a^* and b^* of the meat. In our study, at all sampling points, a^* values were the lowest in the meat from steers fed a diet that had a high lys/met ratio. Thus, the meat from animals fed a diet containing high protein and a high lys/met ratio had a lower a^* value, possibly, because of the higher deposition of muscle in these animals (Prado et al., 2013).

In all treatments, display time had a significant effect on the L^* , a^* , and b^* of the meat (Table 1, 2 and 3). The low a^* and b^* at time 0 were expected because the meat had not yet been in contact with oxygen to change colour. In addition, a^* and b^* after 1 h of blooming were similar to those reported in the literature (Page, Wulf & Schwotzer, 2001). The L^* increased from day 1 to day 12 of the display period, a phenomenon that Resconi, Escudero, Beltrán, Olleta, Sañudo and Campo (2012) observed in beef steaks that were displayed under various levels of oxygen. Chemical changes in myoglobin do not influence L^* (McKenna, Mies, Baird, Pfeiffer, Ellebracht & Savell, 2005), but muscle and protein structures influence its expression (Renner, 2004); which changes with ageing. In the Friesian steer meat a^* increased between 0 h and 1 h of blooming but decreased thereafter. Rodas-González et al. (2011) reported that the red colour of meat diminished over time even in vacuum conditions. Bacterial activity or the presence of residual oxygen, which can increase the formation of metmyoglobin, might be responsible for the progressive discoloration of the steaks surface (Seideman et al., 1982). On the other hand, the b^* values increased between 0 h and 1 h of blooming, then declined for three days before remaining stable until the end of the display period.

3.2. Visual acceptability of the meat

The sensory attributes of meat are important to consumers. Carpenter, Cornforth and Whittier (2001) found a strong relationship between the colour preferences and purchasing decisions of consumers, who discriminated against beef that was not red (e.g., purple or brown). Hence, visual assessments are a gold standard for measuring the success of any new production protocol preferences (Mancini & Hunt, 2005).

Throughout the 9-d display period consumer acceptance of the appearance of the meat decreased, exponentially (Table 4). With the exception of day 9, the treatments differed significantly in the visual acceptability of the meat throughout the display period. The gradual decline in visual acceptability was expected because oxidative processes cause meat to deteriorate, which is particularly relevant to meat from concentrate-fed animals (Warren, Scollan, Nute, Hughes, Wood & Richardson, 2008). Early (0 up to 3 d) in the display period, the samples from steers that were castrated early and fed a diet that had a low protein level and a high lys/met ratio received the lowest acceptability scores. From day 3 to day 8 of display and beyond, the meat from animals that were castrated early and fed a diet that had a high lys/met ratio had the lowest acceptability, regardless of the dietary protein level. In general, the meat from animals that were castrated late and fed a diet containing a low protein level received the highest scores. Nevertheless, from day 6 of display period and beyond, all of the samples received scores below 4.5, which in our evaluation, reflects rejection of the meat, although the relationship between colour and acceptability is not always evident (Ripoll, Panea & Albertí, 2012).

3.3. Lipid oxidation (TBARS)

Castration age, dietary protein level and lys/met ratio did not affect ($P > 0.05$) TBARS values of the meat at any point in the display period (Table 5). Lipid oxidation, which is influenced by intramuscular fatty acid composition, particularly, polyunsaturated fatty acids, is one of the most important causes of meat deterioration (Wood et al., 2008). Lipid oxidation can lead to drip losses, the development of off-odours and off-flavours, the production of potentially toxic compounds, and can induce the oxidation of myoglobin (Faustman, Sun, Mancini & Suman, 2010). In our study, the oxidation levels in the meat were typical of young

animals that had been fed concentrates (Campo, Nute, Hughes, Enser, Wood & Richardson, 2006) and the factors assessed did not affect the lipid oxidation of the meat. Furthermore, the fatty acid composition of the meat was similar among treatments (Prado et al., 2013).

At 0 h and after 1 h of blooming, the meat from steers had low TBARS (0.12 and 0.14 mg MDA/kg meat, respectively), which was not unexpected because the meat had been kept in cold storage after slaughter. TBARS values increased significantly during the display period. At 1 d of storage, all of the samples had TBARS below 0.5 mg MDA/kg meat and, after 12 d, all treatments had TBARS close to 2 mg MDA/kg meat; probably, due to the relatively low content of vitamin E, which would render the samples oxidatively unstable. In any case, the MDA levels after 12 d of display were close to the threshold for acceptability (Campo et al., 2006).

3.4. Consumer test

Castration age (15 d vs. 5 mo) did not have a significant effect on consumer acceptability of the meat from Friesian steers. In general, the meat from bulls and steers often differ in tenderness (Rotta et al., 2009), which might lead to differences in acceptability. High calpastatin activity in the *Longissimus* muscle (Morgan et al., 1993) or a significant reduction in collagen solubility as sexual development progresses might cause the meat from bulls to be less tender than the meat from steers; however, castration does not have an effect on meat quality until after the onset of puberty (Knight et al., 1999). In our study, it was plausible that the meat from animals that were castrated at 15 d of age would be more tender than the meat from animals castrated at 5 mo of age because the meat from early-castrated animals might have the most fat (Bretschneider, 2005). Indeed, fat level and fatty acid composition can influence meat acceptability (Wood et al., 2008). In our study, however, the amount of fat on the 6th rib was similar among treatments (Prado et al., 2013).

A significant interaction occurred between protein level and lys/met ratio. The meat from steers fed a diet with high protein level and a high lys/met ratio had higher overall acceptability ($P \leq 0.05$) than the meat from animals fed a diet with a low protein level (Table 6). All of the samples received acceptability scores >5.0 , which implies good quality meat (Hocquette, Botreau, Picard, Jacquet, Pethick & Scollan, 2012).

Tenderness is one of the most important factors in beef quality, and consumers are willing to pay a higher price once assured that the beef is tender (Hocquette et al., 2012). The differences between animals in the tenderness of the meat have been caused by differences in quantity, solubility or spatial organization of the collagen, fatness or calpain and calpastatin activity.

Differences in beef tenderness might be associated with variations in the rate and extent of the muscle proteolysis that occurs during post-mortem storage (Shackelford, Koohmaraie, Wheeler, Cundiff & Dikeman, 1994; Wulf, Morgan, Tatum & Smith, 1996). In our study, tenderness acceptability was higher ($P \leq 0.05$) for the meat from steers fed a diet with a high protein level and a high lys/met ratio compared to the meat from the animals in the other treatments, especially, those that had been fed a diet with low protein level, although Schiavon et al. (2011) did not detect differences in shear force between protein levels in bulls. Thus, protein level in the diet should be taken into account when assessing consumer preferences for beef. In general, the consumption of meat from animals that were fed diets containing high protein levels is recommended.

The flavour acceptability scores of the meat from steers fed a diet with a high protein level and high lys/met ratio were higher than were those of the meat from steers fed a diet with a low protein level and high lys/met ratio diet, although the difference in flavour acceptability was smaller than the difference in tenderness acceptability. Typically, differences in flavour are attributed to differences in fat content (Mandell, Gullett, Wilton, Kemp & Allen, 1997); however, in our study, diets had no significant effect on the amount of intramuscular fat (Prado et al., 2013). Nevertheless, small differences in fatty acid profiles might have influenced the results of our study.

4. Conclusions

With the exception of meat redness, castration age (15 d or 5 mo), dietary protein level (13% or 15%) and lys/met ratio (3.0 or 3.4) had little effect on meat colour and lipid oxidation, however both aspects changed over the course of the display period. Yet, visual acceptability was affected by the studied effects, being higher for late castrated animals and those fed low protein levels and low lys/met ratio. In addition, meat acceptability was higher for meat from steers fed a high protein level and high lys/met ratio diet, but castration age did

not have a significant effect. Therefore, a protein level of 15% and a high (3.4) lys/met ratio by reducing the amount of methionine in the diet is recommended. Nevertheless, more studies in this area are needed, especially, ones including an assessment of the economic costs of increasing the level of crude protein and the benefits of reducing the content of specific amino acids in the diet.

Table 1

Castration age (early vs. late), protein level (13% vs. 15%) and lysine/methionine (lys/met) ratio (3.0 vs. 3.4) on colour (L* parameter) of the meat from intensively reared Friesian steers over a 12-d simulated display period

Display L*	Treatments						SED	C	P	lys/met
	Castration age (C)		Protein level (P)		lys/met ratio					
	Early	Late	Low	High	Low	High				
0 h	39.32E	39.96D	39.46D	39.82D	39.28D	40.01D	0.51	NS	NS	NS
1 h	41.74D	42.33C	41.75C	42.32C	41.60C	42.47C	0.50	NS	NS	NS
1 d	42.15CD	42.71C	42.31BC	42.54C	42.36BC	42.49C	0.51	NS	NS	NS
5 d	43.13C	43.83BC	43.38B	43.58C	43.36B	43.60C	0.49	NS	NS	NS
8 d	44.42B	44.58B	43.78Bb	45.23B a	43.99B	45.02B	0.54	NS	*	NS
12 d	47.15A	47.82A	46.88A	48.09A	46.21Ab	48.76Ab	0.48	NS	NS	*
SED	0.55	0.56	0.60	0.62	0.71	0.56				
P	***	***	***	***	***	***				

Cast, Prot: effects of castration age and protein level.

NS: not significant; * $P \leq 0.05$; ** $P \leq 0.01$; *** $P \leq 0.001$.

A-E: means with different letters within a column are significantly different. a-b: means with different letters within a row are significantly different

SED: standard error of the difference.

Table 2

Castration age (early vs. late), protein level (13% vs. 15%) and lysine/methionine (lys/met) ratio (3.0 vs. 3.4) on colour (a* parameter) of the meat from intensively reared Friesian steers over a 12-d simulated display period

Display a*	Treatments						SED	C	P	lys/met
	Castration age (C)		Protein level (P)		lys/met ratio					
	Early	Late	Low	High	Low	High				
0 h	16.11C	16.14D	16.40B	15.85D	16.46BC a	15.79D b	0.75	NS	NS	*
1 h	23.95A	23.79A	23.86A	23.86A	24.03A a	23.70A b	0.69	NS	NS	*
1 d	22.27A	22.20A	22.78A a	21.69B b	22.73AB a	21.74B b	0.51	NS	*	*
5 d	20.07B	20.54B	21.03A a	19.59C b	21.32B a	19.29C b	0.49	NS	**	***
8 d	15.95C	17.90C	18.07B a	15.85D b	18.60C a	15.24D b	0.63	NS	*	**
12 d	9.25D	10.63E	11.04C a	8.84E b	11.45E a	8.42E b	0.64	NS	**	**
SED	0.49	0.55	0.63	0.67	0.54	0.58				
P	***	***	***	***	***	***				

Cast, Prot: effects of castration age and protein level.

NS: not significant; * $P \leq 0.05$; ** $P \leq 0.01$; *** $P \leq 0.001$.

A-E: means with different letters within a column are significantly different. a-b: means with different letters within a row are significantly different

SED: standard error of the difference.

Table 3

Castration age (early vs. late), protein level (13% vs. 15%) and lysine/methionine (lys/met) ratio (3.0 vs. 3.4) on colour (b* parameter) of the meat from intensively reared Friesian steers over a 12-d simulated display period

Display b*	Treatments						SED	C	P	lys/met
	Castration age (C)		Protein level (P)		lys/met ratio					
	Early	Late	Low	High	Low	High				
0 h	3.15C	3.24C	3.18C	3.21C	3.16D	3.23C	0.51	NS	NS	NS
1 h	13.01A	12.21A	13.02A	12.27A	12.11A	13.18A	0.22	NS	NS	NS
1 d	11.37B	11.60B	11.6AB	11.33B	11.64A	11.34B	0.51	NS	NS	NS
5 d	10.85B	11.39B	11.31B	10.94B	11.50A	10.75B	0.22	NS	NS	NS
8 d	10.83B	10.98B	10.71B	11.11B	10.89B	10.92B	0.22	NS	NS	NS
12 d	10.97B	11.02B	10.46B	11.52B	10.27C	11.71B	0.51	NS	NS	NS
SED	0.50	0.47	0.33	0.42	0.51	0.23				
P	***	***	***	***	***	***				

Cast, Prot: effects of castration age and protein level.

NS: not significant; * $P \leq 0.05$; ** $P \leq 0.01$; *** $P \leq 0.001$.

A-E: means with different letters within a column are significantly different. a-b: means with different letters within a row are significantly different

SED: standard error of the difference.

Table 4

Castration age (early vs. late), protein level (13% vs. 15%) and lysine/methionine (lys/met) ratio (3.0 vs. 3.4) on visual assessment of meat from intensively reared Friesian steers.

Day of display	Castration age								SED	P
	Early				Late					
	Protein level		Protein level		Protein level		Protein level			
	Low	High	Low	High	Low	High	Low	High		
	lys/met ratio		lys/met ratio		lys/met ratio		lys/met ratio			
	Low	High	Low	High	Low	High	Low	High		
0	8.25cA	8.10dA	8.37abcA	8.35bcA	8.41abA	8.51aA	8.41aA	8.47abA	0.13	*
1	7.99bcB	7.90cA	8.15abB	8.11abB	8.24aA	8.29aB	8.14abB	8.27aB	0.13	*
2	7.39bcC	6.99eB	7.31bcdC	7.15deC	7.61aB	7.42bC	7.22cdC	7.47abC	0.20	*
3	6.90bcD	6.55eC	6.84cdD	6.66deD	7.16aC	6.95bcD	6.86bcdD	7.09abD	0.20	*
4	6.21bE	5.89cD	6.25bE	5.95cE	6.53aD	6.50aE	6.27bE	6.58aE	0.26	*
5	5.02bcF	4.73cdE	4.68dF	4.79cdF	5.68aE	5.61aF	5.18bF	5.11bF	0.38	*
6	3.56bG	3.19cF	3.23cG	3.29bcG	4.13aF	4.19aG	3.93aG	3.16cG	0.44	*
7	2.06H	2.31bcG	2.17bcdH	2.11cdH	2.65aG	2.60aH	2.36bH	2.06dH	0.23	*
8	1.49bI	1.52bH	1.48bI	1.53bI	1.63aH	1.73aI	1.49bI	1.50bI	0.09	*
9	1.28J	1.29I	1.28I	1.28J	1.32I	1.31J	1.29J	1.28J	0.07	NS
SED	2.73	2.61	2.77	2.72	2.72	2.69	2.70	2.86		
P	*	*	*	*	*	*	*	*		

NS: not significant; *P ≤ 0.05.

A-J: means with different letters in the same column are significantly different. a-e: means with different letters in the same row are significantly different

Visual assessment scale: 1 (dislike extremely) to 9 (like extremely).

SED: standard error of the difference.

Table 5

Castration age (early vs. late), protein level (13% vs. 15%) and lysine/methionine (lys/met) ratio (3.0 vs. 3.4) on lipid oxidation (mg of malonaldehyde/kg meat) of the meat from intensively reared Friesian steers over a 12-d simulated display period

Display	Castration (C)		Protein (P)		lys/met ratio		SED	C	P	lys/met
	Early	Late	Low	High	Low	High				
0 h	0.13E	0.12D	0.11D	0.14E	0.13E	0.12E	0.08	NS	NS	NS
1 h	0.14E	0.14D	0.13D	0.14E	0.15E	0.13E	0.08	NS	NS	NS
1 d	0.43D	0.42C	0.43C	0.42D	0.42D	0.43D	0.21	NS	NS	NS
5 d	1.01C	0.95C	0.94C	1.02C	1.00C	0.97C	0.41	NS	NS	NS
8 d	1.48B	1.32B	1.33B	1.48B	1.40B	1.41B	0.55	NS	NS	NS
12 d	2.06A	2.10A	2.22A	1.94A	2.06A	2.10A	0.62	NS	NS	NS
SED	0.33	0.26	0.30	0.33	0.27	0.28	0.33			
P >	**	**	**	**	**	**				

NS: not significant; ** $P \leq 0.01$.

A-E: means with different letters in the same column are statistically different.

SED: standard error of the difference.

Table 6

Interaction between the protein level (13% vs. 15%) and lysine/methionine (lys/met) ratio and consumer acceptability of the meat from intensively reared Friesian steers

Item	Low Protein		High Protein		SED	P
	Low lys/met	High lys/met	Low lys/met	High lys/met		
Overall acceptability	6.59b	6.52b	6.74ab	7.02a	0.20	*
Tenderness acceptability	6.49b	6.44b	6.70b	7.10a	0.24	*
Flavour acceptability	6.84ab	6.74b	6.91ab	7.06a	0.19	*

NS: not significant; * $P \leq 0.05$.

a-b: means with different letters in the same row are statistically different .

SED: standard error of the difference.

5. References

- Adams, T. E., Daley, C. A., Adams, B. M., & Sakurai, H. (1996). Testes function and feedlot performance of bulls actively immunized against gonadotropin-releasing hormone: effect of age at immunization. *Journal of Animal Science*, 74(5), 950-954.
- Boccard, R., & Bordes, P. (1986). Caractéristiques qualitatives et technologiques des viandes bovines: influence des facteurs de production. In INRA (Ed.), *15. Journées du Grenier de Theix. Ceyrat (France). 5-7 Jun 1984*.
- Boccard, R. L., Naude, R. T., Cronje, D. E., Smit, M. C., Venter, H. J., & Rossouw, E. J. (1979). The influence of age, sex and breed of cattle on their muscle characteristics. *Meat Science*, 3(4), 261-280.
- Bretschneider, G. (2005). Effects of age and method of castration on performance and stress response of beef male cattle: A review. *Livestock Production Science*, 97(2), 89-100.
- Campo, M. M., Nute, G. R., Hughes, S. I., Enser, M., Wood, J. D., & Richardson, R. I. (2006). Flavour perception of oxidation in beef. *Meat Science*, 72(2), 303-311.
- Carpenter, C. E., Cornforth, D. P., & Whittier, D. (2001). Consumer preferences for beef color and packaging did not affect eating satisfaction. *Meat Science*, 57(4), 359-363.
- CIE. (1986). Colorimetry. In *Commission Internationale de l'Eclairage* (2 ed.). Vienna: Commission Internationale de l'Eclairage.
- Dikeman, M. E., Reddy, G. B., Arthaud, V. H., Tuma, H. J., Koch, R. M., Mandigo, R. W., & Axe, J. B. (1986). Longissimus muscle quality, palatability and connective tissue histological characteristics of bulls and steers fed different energy levels and slaughtered at four ages. *Journal of Animal Science*, 63(1), 92.
- Faustman, C., Sun, Q., Mancini, R., & Suman, S. P. (2010). Myoglobin and lipid oxidation interactions: Mechanistic bases and control. *Meat Science*, 86(1), 86-94.
- Fisher, A. D., Crowe, M. A., Varga, M. E. A., & Enright, W. (1996). Effect of castration method and the provision of local anesthesia on plasma cortisol, scrotal circumference, growth, and feed intake of bull calves. *Journal of Animal Science*, 74(10), 2336-2343.
- Font i Furnols, M., Realini, C. E., Guerrero, L., Oliver, M. A., Sañudo, C., Campo, M. M., Nute, G. R., Cañeque, V., Álvarez, I., San Julián, R., Luzardo, S., Brito, G., & Montossi, F. (2009). Acceptability of lamb fed on pasture, concentrate or combinations of both systems by European consumers. *Meat Science*, 81(1), 196-202.

- French, P., O'Riordan, E. G., Monahan, F. J., Caffrey, P. J., Vidal, M., Mooney, M. T., Troy, D. J., & Moloney, A. P. (2000). Meat quality of steers finished on autumn grass, grass silage or concentrate-based diets. *Meat Science*, *56*(2), 173-180.
- Gregory, K. E., Seideman, S. C., & Ford, J. J. (1983). Effects of late castration, zeranol and breed group on composition and palatability characteristics of longissimus muscle of bovine males. *Journal of Animal Science*, *56*(4), 781-786.
- Hocquette, J. F., Botreau, R., Picard, B., Jacquet, A., Pethick, D. W., & Scollan, N. D. (2012). Opportunities for predicting and manipulating beef quality. *Meat Science*, *92*, 197-209.
- Hussein, H. S., & Berger, L. L. (1995). Feedlot performance and carcass characteristics of Holstein steers as affected by source of dietary protein and level of ruminally protected lysine and methionine. *Journal of Animal Science*, *73*(12), 3503-3509.
- Knight, T. W., Cosgrove, G. P., Death, A. F., & Anderson, C. B. (1999). Effect of interval from castration of bulls to slaughter on carcass characteristics and meat quality. *New Zealand Journal of Agricultural Research*, *42*(3), 269-277.
- Lunstra, D. D., Ford, J. J., & Echterkamp, S. E. (1978). Puberty in beef bulls: hormone concentrations, growth, testicular development, sperm production and sexual aggressiveness in bulls of different breeds. *Journal of Animal Science*, *46*(4), 1054-1062.
- Macfie, H. J., Bratchell, N., Greehoff, K., & Vallis, L. V. (1989). Designs to balance the effect of order of presentation and first order carry over effect in hall tests. *Journal of Sensory Studies*, *4*(2), 129-148.
- Mach, N., Bach, A., Realini, C., Font i Furnols, M., Velarde, A., & Devant, M. (2009). Burdizzo pre-pubertal castration effects on performance, behaviour, carcass characteristics, and meat quality of Holstein bulls fed high-concentrate diets. *Meat Science*, *81*(2), 329-334.
- Mancini, R. A., & Hunt, M. C. (2005). Current research in meat color. *Meat Science*, *71*(1), 100-121.
- Mandell, I. B., Gullett, E. A., Wilton, J. W., Kemp, R. A., & Allen, O. B. (1997). Effects of gender and breed on carcass traits, chemical composition, and palatability attributes in Hereford and Simmental bulls and steers. *Livestock Production Science*, *49*(3), 235-248.

- McKenna, D. R., Mies, P. D., Baird, B. E., Pfeiffer, K. D., Ellebracht, J. W., & Savell, J. W. (2005). Biochemical and physical factors affecting discoloration characteristics of 19 bovine muscles. *Meat Science*, *70*(4), 665-682.
- Monin, G. (1991). Facteurs biologiques des qualités de la viande bovine. *INRA Prod. Anim*, *4*(2), 151-160.
- Morgan, J., Wheeler, T., Koohmaraie, M., Savell, J., & Crouse, J. (1993). Meat tenderness and the calpain proteolytic system in longissimus muscle of young bulls and steers. *Journal of Animal Science*, *71*(6), 1471-1476.
- NRC. (2000). *Nutrient Requirements of Beef Cattle*: 7th ed. Natl. Acad. Press, Washington, DC.
- Page, J. K., Wulf, D. M., & Schwotzer, T. R. (2001). A survey of beef muscle color and pH. *Journal of Animal Science*, *79*(3), 678-687.
- Pfalzgraf, A., Frigg, M., & Steinhart, H. (1995). Alpha tocopherol contents and lipid oxidation in pork muscle and adipose tissue during storage. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, *43*(5), 1339-1342.
- Prado, I. N., Campo, M. M., Muela, E., Valero, M. V., Catalan, O., Olleta, J. L., & Sañudo, C. (2013). Effect of castration age, protein level and lysine/methionine ratio in the feed on animal performance, carcass and meat quality of Frisian steers intensively reared. *Meat Science*, in press.
- Realini, C. E., Duckett, S. K., Brito, G. W., Dalla Rizza, M., & Mattos, D. (2004). Effect of pasture vs. concentrate feeding with or without antioxidants on carcass characteristics, fatty acid composition, and quality of Uruguayan beef. *Meat Science*, *66*(3), 567-577.
- Renner, M. (2004). La couleur de la viande et sa mesure. *INRA*, *1*, 63-68.
- Resconi, V. C., Escudero, A., Beltrán, J. A., Olleta, J. L., Sañudo, C., & Campo, M. M. (2012). Color, lipid oxidation, sensory quality, and aroma compounds of beef steaks displayed under different levels of oxygen in a modified atmosphere package. *Journal of Food Science*, *71*(1), S10-S18.
- Ripoll, G., Panea, G. D., & Albertí, P. L. (2012). Apreciación visual de la carne bovina y su relación con el espacio de color CIELab. *Journal ITEA*, *108*(2), 222-232.
- Rodas-González, A., Narváez-Bravo, C., Brashears, M. M., Rogers, H. B., Tedford, J. L., Clark, G. O., Brooks, J. C., Johnson, B. J., Rathmann, R. J., & Miller, M. F. (2011).

- Evaluation of the storage life of vacuum packaged Australian beef. *Meat Science*, 88(1), 128-138.
- Rotta, P. P., Prado, R. M., Prado, I. N., Valero, M. V., Visentainer, J. V., & Silva, R. R. (2009). The effects of genetic groups, nutrition, finishing systems and gender of Brazilian cattle on carcass characteristics and beef composition and appearance: a review. *Asian-Australasian Journal of Animal Science*, 22(12), 1718-1734.
- Schiavon, S., De Marchi, M., Tagliapietra, F., Bailoni, L., Cecchinato, A., & Bittante, G. (2011). Effect of high or low protein ration combined or not with rumen protected conjugated linoleic acid (CLA) on meat CLA content and quality traits of double-muscling Piemontese bulls. *Meat Science*, 89(2), 133-142.
- Seideman, S. C., Cross, H. R., Oltjen, R. R., & Schanbacher, B. D. (1982). Utilization of the intact male for red meat production: a review. *Journal of Animal Science*, 55(4), 826-840.
- Shackelford, S. D., Koohmaraie, M., Wheeler, T. L., Cundiff, L. V., & Dikeman, M. E. (1994). Effect of biological type of cattle on the incidence of the dark, firm, and dry condition in the longissimus muscle. *Journal of Animal Science*, 72, 337-337.
- Short, R., Grings, E., MacNeil, M., Heitschmidt, R., Williams, C., & Bennett, G. (1999). Effects of sire growth potential, growing-finishing strategy, and time on feed on performance, composition, and efficiency of steers. *Journal of Animal Science*, 77(9), 2406-2417.
- Vestergaard, M., Therkildsen, M., Henckel, P., Jensen, L., Andersen, H., & Sejrsen, K. (2000). Influence of feeding intensity, grazing and finishing feeding on meat and eating quality of young bulls and the relationship between muscle fibre characteristics, fibre fragmentation and meat tenderness. *Meat Science*, 54(2), 187-195.
- Warren, H. E., Scollan, N. D., Nute, G. R., Hughes, S. I., Wood, J. D., & Richardson, R. I. (2008). Effects of breed and a concentrate or grass silage diet on beef quality in cattle of 3 ages. II: Meat stability and flavour. *Meat Science*, 78(3), 270-278.
- Webb, E. C., & O'Neill, H. A. (2008). The animal fat paradox and meat quality. *Meat Science*, 80(1), 28-36.
- Wood, J. D., Enser, M., Fisher, A. V., Nute, G. R., Sheard, P. R., Richardson, R. I., Hughes, S. I., & Whittington, F. M. (2008). Fat deposition, fatty acid composition and meat quality: A review. *Meat Science*, 78(4), 343-358.

- Wulf, D. M., Morgan, J. B., Tatum, J. D., & Smith, G. C. (1996). Effects of animal age, marbling score, calpastatin activity, subprimal cut, calcium injection, and degree of doneness on the palatability of steaks from limousin steers. *Journal of Animal Science*, 74(3), 569-576.
- Zhang, W., Xiao, S., Samaraweera, H., Lee, E. J., & Ahn, D. U. (2010). Improving functional value of meat products. *Meat Science*, 86(1), 15-31.