



UDESC

UNIVERSIDADE DO ESTADO DE SANTA CATARINA – UDESC

CENTRO DE EDUCAÇÃO SUPERIOR DO OESTE – CEO

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

**COMPOSIÇÃO QUÍMICA E PERFIL DE
ÁCIDOS GRAXOS NA CARNE DE
FRANGOS DE CORTE ALIMENTADOS
COM MONOLAURATO DE GLICEROL EM
SUBSTITUIÇÃO A ANTIMICROBIANOS
CONVENCIONAIS**

JULIANI VALENTINI

CHAPECÓ, 2019.

JULIANI VALENTINI

**COMPOSIÇÃO QUÍMICA E PERFIL DE ÁCIDOS GRAXOS NA CARNE DE
FRANGOS DE CORTE ALIMENTADOS COM MONOLAURATO DE
GLICEROL EM SUBSTITUIÇÃO A ANTIMICROBIANOS
CONVENCIONAIS**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Área de Concentração Ciência e Produção Animal, da Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC), como requisito parcial para obtenção de grau de **Mestre em Zootecnia**.

Orientador: Fernando de Castro Tavernari
Co-orientadores: Aleksandro S. Da Silva
Marcel M. Boiago

Chapecó, SC, Brasil

2019

**Ficha catalográfica elaborada pelo programa de geração automática da
Biblioteca Setorial do CEO/UEDESC,
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)**

Valentini, Juliani

COMPOSIÇÃO QUÍMICA E PERFIL DE ÁCIDOS GRAXOS
NA CARNE DE FRANGOS DE CORTE ALIMENTADOS COM
MONOLAURATO DE GLICEROL EM SUBSTITUIÇÃO A
ANTIMICROBIANOS CONVENCIONAIS / Juliani Valentini. --
2019.

52 p.

Orientador: Fernando de Castro Tavernari

Coorientador: Aleksandro Schafer da Silva

Coorientador: Marcel Manente Boiago

Dissertação (mestrado) -- Universidade do Estado de Santa
Catarina, Centro de Educação Superior do Oeste, Programa de
Pós-Graduação em Zootecnia, Chapecó, 2019.

1. Ácidos graxos. 2. Peroxidação lipídica. 3. Qualidade de
carne. I. Tavernari, Fernando de Castro. II. da Silva, Aleksandro
Schafer. Boiago, Marcel Manente. III. Universidade do Estado de
Santa Catarina, Centro de Educação Superior do Oeste, Programa de
Pós-Graduação em Zootecnia. IV. Título.

**Universidade do Estado de Santa Catarina
UDESC Oeste
Programa de Pós-Graduação em Zootecnia**

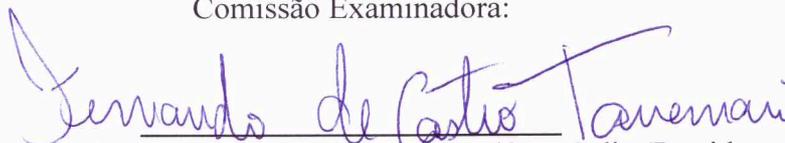
A Comissão Examinadora, abaixo assinada,
aprova a Dissertação de Mestrado

**COMPOSIÇÃO QUÍMICA E PERFIL DE ÁCIDOS GRAXOS NA
CARNE DE FRANGOS DE CORTE ALIMENTADOS COM
MONOLAURATO DE GLICEROL EM SUBSTITUIÇÃO A
ANTIMICROBIANOS CONVENCIONAIS**

Elaborada por
Juliani Valentini

como requisito parcial para obtenção do grau de
Mestre em Zootecnia

Comissão Examinadora:



Dr. Fernando de Castro Tavernari – Embrapa/Concórdia (Presidente)



Dr. Jackeline K. Kirinus – UCEFF/Chapecó



Dr. Tiago G. Petrolli – UNOESC/Xanxerê

Chapecó, 29 de setembro de 2019.

AGRADECIMENTOS

Ao meu marido Ricardo Augusto Zambonin, por todo apoio, incentivo, suporte necessário, mas principalmente, por acreditar quando eu mesma não acreditava mais ser possível.

À minha família pelo apoio, estímulo de coragem e compreensão.

A UDESC e aos meus orientadores: Fernando de Castro Tavernari; Marcel M. Boiago por compartilhar seus conhecimentos sempre tão generosamente e ao professor Aleksandro Schafer da Silva pelo acolhimento, compartilhamento, por toda a ajuda e, por me inspirar como pessoa e profissional.

À Seara Alimentos e sua equipe por me permitir ingressar nesta jornada com todo apoio, pelo incentivo de sempre buscar a evolução profissional.

Aos professores e colegas que contribuíram nesta caminhada.

MEU MUITO OBRIGADA!

RESUMO

Dissertação de Mestrado
Programa de Pós-Graduação em Zootecnia
Universidade do Estado de Santa Catarina

COMPOSIÇÃO QUÍMICA E PERFIL DE ÁCIDOS GRAXOS NA CARNE DE FRANGOS DE CORTE ALIMENTADOS COM MONOLAURATO DE GLICEROL EM SUBSTITUIÇÃO A ANTIMICROBIANOS CONVENCIONAIS

AUTOR: Juliani Valentini
ORIENTADOR: Fernando de Castro Tavernari
Chapecó, 30 de setembro de 2019

A qualidade da carne com adição de monolaurato de glicerol na dieta de frangos de corte em substituição a antibióticos convencionais foi analisada. Amostras congeladas de peito de frangos abatidos aos 42 dias de idade foram analisadas para parâmetros de composição química, perfil de ácidos graxos e peroxidação lipídica, variáveis estas relacionadas à qualidade da carne. Quatro tratamentos foram usados neste experimento: grupo T0, animais receberam uma dieta basal contendo antibiótico (60 ppm de bacitracina e 80 ppm de salinomicina); grupos T100, T200 e T300 as aves receberam dieta suplementada com 100, 200 e 300 mg/kg de MLG, respectivamente. A carne de frangos que receberam suplementação de 200 e 300 mg/kg de MLG na ração apresentaram menor teor de lipídios, assim como alteração no perfil de ácidos graxos. Animais alimentados com as maiores doses de MLG apresentaram menores teores de ácidos graxos saturados. Já a percentagem de ácidos graxos poli-insaturados totais foi maior na carne das aves que receberam de MLG, sendo estes ácidos graxos considerados desejáveis para o consumo humano. A peroxidação lipídica na carne congelada de frangos alimentados com MLG foi menor. Concluímos que o aumento das concentrações de MLG altera o perfil lipídico da carne de frangos, com efeitos benéficos sobre a qualidade da carne e sobre as características desejadas pelos consumidores.

Palavras-chave: ácidos graxos; peroxidação lipídica; qualidade de carne.

ABSTRACT

Master's Dissertation
Programa de Pós-Graduação em Zootecnia
Universidade do Estado de Santa Catarina

CHEMICAL COMPOSITION AND PROFILE OF FATTY ACIDS IN MEAT FROM GLOSSY MONOLAURATE-CUTTING CHICKEN MEAT REPLACING CONVENTIONAL ANTIMICROBIANS

AUTHOR: Juliani Valentini
ADVISER: Fernando Tavernari
Chapecó, september 30, 2019

The meat quality with addition of glycerol monolaurate in the diet of broilers in substitution of conventional antibiotics was analyzed. Frozen breast samples from broilers slaughtered at 42 days of age were analyzed for parameters of chemical composition, fatty acid profile and lipid peroxidation, variables related to meat quality. Four treatments were used in this experiment: group T0, animals received a basal diet containing antibiotic (60 ppm bacitracin and 80 ppm salinomycin); In groups T100, T200 and T300 the birds received a diet supplemented with 100, 200 and 300 mg/kg of MLG, respectively. The chicken meat that received 200 and 300 mg/kg supplementation of MLG in the diet presented lower lipid content, as well as alteration in fatty acid profile. Animals fed the highest doses of MLG had lower saturated fatty acid contents. The percentage of total polyunsaturated fatty acids was higher in the meat of poultry fed with MLG, and these fatty acids were considered desirable for human consumption. Lipid peroxidation in frozen meat of broilers fed with MLG was lower. We conclude that the increase in MLG concentrations alters the lipid profile of broiler meat, with beneficial effects on meat quality and the desired characteristics of consumers.

Keywords: fatty acids; lipid peroxidation; meat quality.

SUMÁRIO

1. CAPÍTULO I.....	8
1.1. Avicultura	8
1.2 Aditivos alternativos	9
1.3. Monolaurato de glicerol.....	12
1.4. Qualidade da carne de frangos	13
1.5. Objetivo.....	15
2. CAPÍTULO II	16
2.1 MANUSCRITO	17
3. CONSIDERAÇÕES FINAIS	40
REFERÊNCIAS	41
ANEXO	48

1. CAPÍTULO I

REVISÃO DE LITERATURA

1.1. Avicultura

A produção de proteína animal representa um setor economicamente forte e de grande importância no cenário econômico mundial e, a avicultura de corte é um dos segmentos de maior destaque. O Brasil é um dos principais países produtores de carne de frango do mundo, ocupando a colocação de segundo maior produtor, atrás apenas dos Estados Unidos (EUA) e, desde 2010 ocupa o primeiro lugar como maior exportador (ABPA, 2017). Estas posições são garantidas por um modelo de integração amplamente adotado, ligado a grandes players globais do setor, que fomentam a indústria avícola através da alta produtividade e uso da alta tecnologia, com um controle rigoroso da cadeia (VAN HORNE, 2017). No país a produção avícola concentra-se principalmente na região sul, onde está concentrado aproximadamente 80% do volume exportado (ABPA, 2017).

A avicultura de corte no Brasil é uma atividade de característica altamente intensiva, com altos níveis de produtividade e forte competitividade. O país que tem hoje o menor custo de produção (32%) e principal concorrente dos brasileiros são os EUA (VAN HORNE, 2017). Este sucesso é atribuído à adoção de uma série de práticas que envolvem a formulação de uma nutrição balanceada, o uso de matérias-primas de qualidade; novas técnicas de manejo; investimentos em melhoramento genético e inclusão de rigorosos programas sanitários nos plantéis. Tudo isso aliado à produção de alimentos de alta qualidade destinados a atender as exigências do mercado consumidor. Van Horne (2017) aponta, no entanto, que a produção brasileira ainda dispõe de oportunidades, já que o setor de produção de carne de frangos deve se adaptar as regras de higiene, rastreabilidade, rotulagem e segurança alimentar; impostos pelos mercados consumidores.

A União Europeia (UE) tem um extenso programa de segurança alimentar, com legislação baseada na análise de risco, regras sobre circulação e utilização de matérias-primas para alimentação animal, requisitos em matéria de higiene dos alimentos e do processo, regras sobre substâncias indesejáveis nos alimentos, incluindo condições para a utilização de aditivos em animais, por exemplo, sendo proibido o uso de farinhas de carne e ossos em rações para aves. Além disso, em janeiro de 2006, a UE proibiu o uso de antibióticos promotores de crescimento na alimentação animal, visando combater a resistência gerada por

uma pressão seletiva aos antimicrobianos de uso na saúde animal e humana (CASTANON, 2007).

O uso de aditivos alimentares é reconhecido como uma importante ferramenta para melhorar o desempenho, a eficiência alimentar e proporcionar melhores resultados em condições de maior desafio sanitário (BRUGALLI, 2003). Os antibióticos e quimioterápicos são os aditivos melhoradores de desempenho mais comumente utilizados na produção animal (MILLET & MAERTENS, 2011) e, sua retirada do sistema intensivo de produção de aves, pode trazer algumas prováveis consequências, dentre elas a queda no desempenho dos animais e o aumento da utilização de antibióticos terapêuticos. Os antibióticos são substâncias produzidas por fungos, leveduras ou bactérias e atuam matando ou inibindo o crescimento de outros microrganismos patogênicos presentes no meio ambiente. O termo antibiótico promotor de crescimento (APC) deriva do efeito positivo da inclusão de antibióticos como aditivos alimentares, em concentrações abaixo das terapêuticas, e com efeito positivo sobre o ganho de peso dos animais. Os antibióticos possuem a capacidade de mesmo em pequenas doses, quando utilizados como promotor de crescimento, causar inibição de certos microrganismos (MEHDI et al., 2018). Já os quimioterápicos, são substâncias derivadas de síntese química e quando ingeridos pelo animal via dieta, agem de forma seletiva sobre o agente causador do processo infeccioso.

Segundo Langhout (2005), a retirada dos antibióticos promotores de crescimento da dieta de frangos pode acarretar menores índices produtivos, com diminuição média no desempenho das aves de 3,0 a 7,0%, além de aumentar a mortalidade. Neste sentido, existe a necessidade de ingredientes alternativos que aumentem a eficiência na produção, tragam menores custos de produção, sem prejudicar o desempenho zootécnico, além de garantir melhor qualidade dos produtos finais (ZAVARIZE et al., 2010).

1.2 Aditivos alternativos

Na busca por produtos alternativos, deve-se considerar que estes aditivos alternativos devem ser eficazes, seguros, de fácil utilização e economicamente viáveis. Muitas pesquisas têm sido realizadas na procura por agentes naturais com efeitos similares aos promotores de crescimento convencionais e, há de fato uma série de alternativas não terapêuticas que podem substituir o uso de antibióticos. Bellaver e Scheuermann (2004) já mencionavam que aditivos alternativos podem ser utilizados na estabilização da flora intestinal normal, redução da carga bacteriana no trato digestivo, melhoria da vitalidade dos enterócitos e vilos, redução da

ingestão de substâncias imunossupressoras como micotoxinas e na otimização da digestão. Mehdi et al. (2018) menciona que entre os aditivos alternativos, os mais populares são probióticos, prebióticos, enzimas, ácidos orgânicos, imunoestimulantes, bactericidas, bacteriófagos, aditivos fitogênicos, nanopartículas e óleos essenciais.

Desde a década de 90, pesquisadores acreditavam que a adoção do uso de aditivos alternativos não gera grandes impactos nos custos de produção (DAWSON & PIRVULESCU, 1999), mas deve estar associada a práticas nutricionais e de manejo, podendo modificar a atividade antimicrobiana no trato gastrointestinal, com estímulo ao desempenho e melhores respostas imunológicas na prevenção de doenças. Catalan et al. (2012) ao revisar a literatura apontam que o uso de fitoterápicos na nutrição animal apresenta benefícios produtivos, sendo uma alternativa de substituição aos antibióticos, melhorando assim a segurança alimentar, por não deixar resíduos. Segundo Toghyani et al. (2011), o uso de fitoterápicos na dieta animal têm tido sucesso, devido seus efeitos positivos sobre crescimento, estimulação do sistema imunológico e redução do estresse; portanto é uma boa alternativa na substituição aos antibióticos.

Rizzo et al. (2010) avaliaram rações para frangos de corte contendo 10 ppm de avilamicina comparado a 200 ppm de um produto contendo óleos essenciais de cravo, tomilho, canela e pimenta; 100 ppm de um produto composto de óleos essenciais sintéticos de orégano e canela e óleo-resina de pimenta microencapsulados; 500 ppm de um produto constituído de óleo de eucalipto, óleo essencial de canela-da-china, folhas de boldo-do-chile e sementes de feno-grego na fase inicial e 1.200 ppm nas fases de crescimento e final. Os autores concluíram que as dietas contendo misturas de extratos vegetais promovem desempenho zootécnico semelhante ao obtido com dietas contendo antibiótico, o que demonstra o potencial de uso desses compostos. Apesar dessas pesquisas, ainda são raros os sistemas de produção brasileiros que fazem uso de produtos alternativos; mas com as restrições a alguns antibióticos, empresas têm investido na fabricação de aditivos alternativos.

Koiyama et al. (2014) avaliaram o efeito de misturas de aditivos fitogênicos na dieta de frangos de corte sobre desempenho zootécnico e rendimento de carcaça em um ciclo produtivo de 42 dias. Esses autores concluíram a mistura de aditivos fitogênicos associada ou não à mistura de óleos essenciais, pode proporcionar desempenho zootécnico similar ao do uso do grupo de frangos alimentados com antibiótico virginiamicina na dose de promotor de crescimento. Wati et al. (2015) também conduziram um experimento com frangos e concluíram que a suplementação com produto fitoterápico comercial melhorou o ganho de

peso e diminuiu a conversão alimentar, indicando que ele pode substituir o antibiótico bacitracina zinco; um dos antimicrobianos mais usados no Brasil na alimentação de frangos.

Como aditivos alternativos os lipídios antimicrobianos também são agentes antibacterianos promissores, que desestabilizam as membranas celulares bacterianas, causando uma ampla gama de efeitos inibidores diretos e indiretos (Yoon, et al., 2018). O uso de lipídios antimicrobianos pode diminuir as mutações bacterianas e por consequência culturas celulares bacterianas podem ser cultivadas na presença de lípidos antimicrobianos (em concentrações sub-letais) sem sinais de cepas resistentes emergentes (Davies e Davies, 2010), demonstrando o alto potencial de uso em substituição a antibióticos convencionais.

Dentre os lipídios antimicrobianos chama-se atenção especial para duas classes: os ácidos graxos, que são compostos por uma única cadeia de hidrocarbonetos saturados ou insaturados e um grupo funcional de ácido carboxílico e, os monoglicerídeos, que são compostos de um ácido graxo conectado a uma molécula de glicerol via um éster (Desbois e Smith, 2010). A classificação dos lipídios antimicrobianos é feita com base em seus comprimentos de cadeia e graus de insaturação. Em geral, os ácidos graxos possuem um número par de átomos de carbono entre 4 e 28, embora outros versões com números ímpares são possíveis em sistemas selecionados ou produzidos sinteticamente (Desbois e Smith, 2010). Ácidos graxos que possuem menos de 8 átomos de carbono são definidos como cadeia curta, enquanto aqueles com mais de 12 átomos de carbono são ácidos graxos de cadeia longa e ácidos graxos de cadeia média têm entre 8 e 12 átomos de carbono (Hong et al., 2012). Outro parâmetro importante é o número de graus de insaturação. Nos ácidos graxos saturados, todos os átomos de carbono estão ligados por ligações covalentes únicas, enquanto os ácidos graxos insaturados têm uma ou mais ligações duplas (graus de insaturação) no cadeia de carbono. Especificamente, ácidos graxos insaturados com mais de uma ligação dupla são identificados como ácidos graxos poli-insaturados (Desbois e Smith, 2010). A presença de ligações duplas, incluindo o número delas e sua orientação (cis- ou trans-), pode levar a propriedades físico-químicas significativamente diferentes dos ácidos graxos, mesmo entre compostos com o mesmo comprimento de cadeia de hidrocarboneto, de forma que a classificação de ácidos graxos e seus derivados é uma parte importante na atividade antibacteriana em relação à estrutura e forma molecular (Yoon et al., 2018). Como princípio geral, a esterificação de um ácido graxo para o seu correspondente o derivado de monoglicerídeo aumenta a atividade antibacteriana (Kabara et al., 1972).

Os mecanismos de atividade antibacteriana de ácidos graxos e monoglicerídeos estão relacionados principalmente a ação nas membranas celulares bacterianas, com aumento da

permeabilidade e lise celular, interrupção de processos de proteção e função celular levando à inibição do crescimento, ação bacteriostática, ou morte celular, ação bactericida (Yoon et al., 2018).

Estudos pioneiros na década de 1970 investigaram a potência antibacteriana de ácidos graxos saturados de cadeia média e monoglicerídeos com diferentes comprimentos de cadeia (Yoon et al., 2018). Foi descoberto que o ácido láurico (LA) teve a atividade mais potente para inibir o crescimento de bactérias gram-positivas e seu derivado, o monoglicerídeo monolaurato de glicerol (GML), exibiu atividade inibitória ainda mais forte que LA (Kabara et al., 1972).

1.3. Monolaurato de glicerol

O ácido láurico é um ácido graxo de cadeia média contendo 12 carbonos (AGCM), encontrado naturalmente no leite materno humano (6,2% da gordura total), no óleo de coco (47,5% em peso) entre outras fontes. A esterificação combina ácido láurico e glicerol para produzir o monolaurato de glicerol (MLG), que é considerado um emulsificante de uso seguro pelo *Food and Drug Administration* (FDA). Além de suas propriedades emulsificantes, o MLG também suprime o crescimento e virulência de numerosas bactérias, fungos e vírus envelopados (HOMUNG; ARNTMANN; SAUER, 1994; JIANG et al., 2018), sendo utilizado como conservante, devido a inibição da proliferação de microrganismos, assim evitando a contaminação dos alimentos (BAUTISTA et al., 1993). Diante disso, o seu uso em alimentos comumente consumidos, como produtos cárneos, cereais e bebidas têm sido estudados (JIANG et al., 2018).

Estudos realizados com o MLG demonstraram ação na prevenção da infecção do vírus da imunodeficiência símia (LI et al., 2009). Na forma de gel de MLG seu efeito foi investigado sobre a microflora vaginal, onde foi comprovada sua eficácia contra *Candida* e *Gardnerella vaginalis* (KRISTI et al., 2010). Em um estudo realizado por Abrahan & Verallorowell (2000) os autores buscaram verificar a suscetibilidade de diferentes microrganismos frente ao MLG e comparar seus efeitos com antimicrobianos comumente usados. Os resultados mostraram uma significativa sensibilidade *in vitro* de patógenos isolados de infecção de pele como *Staphylococcus* sp. e *Streptococcus* sp. Esses microrganismos apresentaram resistência a fármacos como penicilina, eritromicina e ácido fusídico, porém, não foi constatada resistência ao MLG (ABRAHAN & VERALLO-ROWELL, 2000).

O MLG atua diferentemente da maioria dos antimicrobianos, que atingem um único alvo, pois atua em vários sistemas de sinalização bacteriana. Atua inicialmente interagindo com a membrana plasmática (SCHILEVERT et al., 1992; VETTER; TRIPP; SCHILEVERT, 2005) afetando a transdução do sinal e a captação de aminoácidos (KABARA & MARSHALL, 2005). O MLG demonstrou ainda que inibe a produção da síndrome do choque tóxico causada por toxinas produzidas por *Staphylococcus aureus*. Esta síndrome é caracterizada por febre alta, pressão baixa, erupção cutânea e descamação da pele (DAVIS et al., 1980). Esta capacidade do MLG interferir no processo de produção de exotoxinas de algumas bactérias Gram-positivas é compartilhada ao modo de ação de alguns antibióticos (SCHILEVERT & PETERSON, 2012). Bactérias Gram negativas como as enterobactérias, não são sensíveis ao MLG (SCHILEVERT et al., 1992). O MLG atua contra vírus envelopados, incluindo vírus influenza e herpes simplex, interferindo na fusão do vírus com as células, além de prevenir o processo inflamatório (THORMAR et al., 1987; SCHILEVERT & PETERSON, 2012).

O uso de MLG na dieta de animais tem menos de 10 anos, sendo que o primeiro estudo foi conduzido por De Snoeck (2011) que demonstrou a potente propriedade antimicrobiana quando adicionado a dietas de leitões. Fortuoso et al. (2019) conduziram um experimento com frangos de corte alimentados com MLG em substituição a antibiótico bacitracina de zinco e coccidiostático salinomicina. Os pesquisadores verificaram que o uso do MLG foi capaz de aumentar a produção de globulinas, manteve em níveis baixos bactérias patogênicas e coccídeos; e consequentemente melhorou a saúde animal e o ganho de peso na fase de terminação, mostrando-se como um aditivo alimentar com resposta produtiva superior ao antimicrobiano bacitracina de zinco. No entanto, nesse estudo não foi avaliado o efeito do MLG sobre composição química e perfil lipídico da carne desses frangos.

1.4. Qualidade da carne de frangos

A carne de frango tem como principais características a excelente qualidade e a competitividade do preço em relação às outras carnes. Características nutricionais, como o teor de proteínas, baixa porcentagem de gordura, presença de ácidos graxos essenciais e vitaminas lipossolúveis são pontos positivos na avaliação do consumidor influenciando o consumo (GALLARDO; PEREZ; LEIGHTON, 2012). A composição da fração lipídica da carne de frango apresenta cerca de 33% de ácidos graxos saturados, 40% de ácidos graxos

monoinsaturados e 22% de ácidos graxos poliinsaturados (MORALES-BARRERA et al., 2013).

O elevado teor de ácidos graxos insaturados a torna altamente susceptível a oxidação lipídica. As alterações na composição de ácidos graxos e a consequente formação de compostos voláteis provenientes da oxidação lipídica possuem um papel de destaque dentre os fatores responsáveis pela perda de qualidade e das características nutricionais durante o processamento e o armazenamento da carne de frango (MARIUTTI & BRAGAGNOLO, 2009). A oxidação lipídica da carne leva à formação de compostos que alteram suas características sensoriais, produzindo odores e sabores desagradáveis, além de diminuir seu valor nutricional (BOU et al., 2001). O desenvolvimento da rancidez oxidativa agrava-se durante o armazenamento da carne de frangos mesmo sob congelamento, pois, enquanto as reações deteriorativas (microbiológicas e enzimáticas) podem ser inibidas com o emprego de baixas temperaturas, a oxidação lipídica ocorre normalmente a temperaturas baixas, embora numa velocidade reduzida, além disso, este processo destrói as membranas intracelulares, diminuindo a suculência e o peso da carcaça (YUNES, 2010).

Os antioxidantes são um conjunto de substâncias formadas por vitaminas, minerais, pigmentos naturais e outros vegetais e, ainda enzimas, que bloqueiam o efeito danoso dos radicais livres (SOUSA et al., 2011). Os antioxidantes podem atuar por diversos mecanismos protegendo os lipídios alvo dos iniciadores da oxidação ou interrompendo a fase de propagação. O principal mecanismo de ação de compostos fenólicos, naturalmente presentes nos condimentos em geral, é a inativação de radicais livres de lipídios, diminuindo a produção de espécies reativas e, conseqüentemente, interrompendo a fase de propagação da autooxidação lipídica (GORDON, 2004).

A fim de reduzir as alterações oxidativas, prevenir o crescimento microbiano e prolongar a vida de prateleira de carnes e derivados, aditivos antioxidantes são regularmente utilizados pela indústria de alimentos. No entanto, nos últimos anos, a demanda por aditivos naturais aumenta rapidamente conforme já mencionado, assim, o uso de compostos como antioxidantes alternativos tem sido objeto de estudo em pesquisas que empregam diversas matrizes alimentares como carnes e cortes marinados (ESTEVEZ et al., 2007; MARIUTTI et al., 2008; SOJICA et al., 2018).

O uso de aditivos alternativos na dieta de frangos de corte, além de aumentar desempenho, pode auxiliar na preservação da carne, prevenindo ou retardando sua deterioração durante o processamento ou armazenamento. Fortuoso et al. (2019) indicaram de modo geral que o uso do MLG como aditivo alimentar na ração de frangos de corte não

alterou a qualidade da carne, mas os autores observaram menor capacidade de retenção de água. Segundo Morrissey et al. (1998), a capacidade de reter água é uma propriedade da carne essencialmente primordial, principalmente sob o aspecto econômico e sensorial, pois tem um impacto econômico no processamento e no rendimento da carne pós-congelamento.

De acordo com a literatura, o MLG presentes nos produtos naturais auxilia na reposição lipídica; porém pouco se sabe quando esse ácido graxo é ingerido por humanos e animais; sendo que fica a pergunta: o MLG influencia no perfil lipídico?

1.5. Objetivo

Avaliar se a adição de monolaurato de glicerol em substituição a antimicrobianos convencionais na ração de frangos de corte interfere na composição química, perfil de ácidos graxos e peroxidação lipídica na carne.

2. CAPÍTULO II

MANUSCRITO

Os resultados desta dissertação são apresentados na forma de um manuscrito, com sua formatação de acordo com as orientações da revista ao qual foi submetido.

2.1 MANUSCRITO

Chemical composition, lipid peroxidation and fatty acid profile in meat of broilers fed with glycerol monolaurate (lauric acid)

Autores: Juliani Valentini, Aleksandro S. Da Silva, Bruno F. Fortuoso, João H. Reis, Roger R. Gebert, Luiz G. Griss, Marcel M. Boiago, Leonardo Q. Lopes, Roberto C. Santos, Fernando de C. Tavernari

De acordo com normas para publicação em:

Journal of Food Biochemistry

**Chemical composition, lipid peroxidation and fatty acid profile in meat of broilers fed
with glycerol monolaurate (lauric acid)**

Running Head: Meat of broilers fed with lauric acid

Juliani Valentini¹, Aleksandro S. Da Silva^{1,2*}, Bruno F. Fortuoso², João H. Reis², Roger R.
Gebert², Luiz G. Griss¹, Marcel M. Boiago^{1,2}, Leonardo Q. Lopes³, Roberto C. Santos³,
Fernando de C. Tavernari^{4*}

¹ Graduate Program in Zootecnia, Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC),
Chapecó, Brazil.

² Department of Animal Science, Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC),
Chapecó, Brazil.

³ Department of Microbiology and Parasitology, Universidade Federal de Santa Maria
(UFSM), Santa Maria, Brazil.

⁴ Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, EMBRAPA Suínos e Aves, Concórdia,
Brazil.

* Corresponding author: aleksandro.silva@udesc.br (A.S. Da Silva);

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the chemical composition and fatty acid profile of broilers fed diets containing glycerol monolaurate (GML; lauric acid) in place of antimicrobials. Groups: T0 group used as control; T100, T200, and T300 groups received diets supplemented with 100, 200, and 300 mg/kg of GML, respectively. Samples of frozen breasts from chickens slaughtered at 42 days of age were used for fatty acid composition and profile analyses. We observed lower lipid levels in the meat of broilers in the T200 and T300 groups than in the T0 group. Lower lipid peroxidation occurred in the meat of animals that consumed GML. Total saturated fatty acid levels were lower, while total polyunsaturated fatty acid levels were higher in the meat of broilers fed GML.

Practical Applications:

GML has antimicrobial and antiparasitic effects when added to broiler diets. It positively influences weight gain in the termination phase, producing growth superior to that produced by antibiotics. GML has direct and indirect antioxidant action, as shown by decreased meat lipid peroxidation, a possible mechanism of increasing the shelf life of meat products. We conclude that the increase in GML concentrations alters the lipid profile of broiler meat, positively affecting characteristics that are sought by consumers.

Keywords: Fatty acids, lipid peroxidation, meat quality.

1 INTRODUCTION

Chicken production has become even more important in recent years because of exports of value-added products, particularly chicken cuts and packaged products, a segment of the market referred to as rapidly-prepared healthy foods (Mariutti and Bragnolo, 2009). The success of the industry is attributed to the adoption of particular production practices that have generated high quality food designed to meet consumer requirements. Despite increased productivity and exports, Van Horne (2017) points out that Brazilian production nevertheless encounters opportunities to further adapt to rules imposed by consumer markets. There is increasing demand for antibiotic-free products (Silva, 2000); despite their proven ability to improve animal performance, the use of antimicrobials as growth promoters has been progressively restricted. Since January 2006, the European Union (EU) has banned growth-promoting antibiotics in animal feed (Castanon, 2007). Even prior to the EU ban, it was believed that the removal of antimicrobials from poultry production systems would have consequences such as lower production rates, reduced bird performance, increased use of therapeutic antibiotics, and increased mortality (Langhout, 2005). These new regulations, as well as the need to maintain high levels of productive performance, have stimulated the search for alternatives that ensure maximum animal growth without affecting the quality of the end-product (Zavarize et al., 2010). Much research has been conducted into the search for natural agents with effects similar to those of growth promoters; consequently, researchers have found that there are a number of non-therapeutic alternatives that can replace antibiotics (Fortuoso et al., 2019; Khattak et al., 2014; Oetting et al., 2006;).

Glycerol monolaurate (GML) (lauric acid) has antimicrobial and antiparasitic effects when added to broiler diets, positively influencing weight gain in the finishing phase, producing superior growth than was generated with antibiotic use (Fortuoso et al., 2019). GML is a natural compound that can be found in breast milk, coconut oil, and palm kernel oil;

it possesses properties capable of suppressing growth and virulence of microorganisms (Schilevert and Peterson, 2012; Li et al., 2009). Abrahan and Verallo-Rowell (2000) evaluated the susceptibility of various microorganisms to GML, comparing its efficacy to that of conventional antimicrobials. The authors found that some microorganisms were resistant to penicillin, erythromycin and fusidic acid; by contrast, GML was effective against all microorganisms. Fortuoso et al. (2019) suggested that GML could replace traditional antibiotics, generating comparable efficiency in terms of zootechnical performance; nevertheless, studies are needed regarding the impacts on meat quality of GML in the chicken diets. Therefore, the aim of the present study was to determine whether GML in broiler diets, replacing conventional antimicrobials, would influence the chemical composition and fatty acid profile of meat.

2 MATERIAL AND METHODS

2.1 Samples

Frozen chicken meat samples (Cobb 500 line) derived from a previously published study (Fortuoso et al., 2019) were used in this study. The birds were randomly distributed into four groups containing four repetitions each ($n = 15$), and were maintained in an experimental poultry house. The experimental diet was based on ground corn and soybean meal, following all nutritional requirements for broiler chickens suggested by Rostagno et al. (2017). The diet consumed (ingredients and calculated chemical composition) by birds at all stages of the production cycle was previously published by Fortuoso et al. (2019) and presented in this manuscript as Table 1. The experimental design was as follows: control group (T0), composed of birds that received a basal diet containing 60 ppm of zinc bacitracin and 80 ppm of salinomycin until 35 days of age; the treated groups were composed of animals that received the basal diet supplemented with 100, 200, or 300 mg/kg of GML (equal to 0.1, 0.2

and 0.3 kg GML/tonne) from days of age 1 to 42 (groups T100, T200, and T300, respectively). GML (90% purity) was acquired from Seebio Biotech Inc. (Xangai, China). Water was provided ad libitum via nipple drinkers. Feed in hanging feeders was also offered ad libitum and was regulated daily according to animal growth. At 42 days, 32 breast muscles (pectoralis major) were collected to measure meat parameters (eight broilers per group with two per repetition).

2.2 Chemical analysis in meat

The breast samples ($n = 8$ per group) were randomly evaluated for chemical composition, crude protein, percentage of lipids and mineral matter according to guidelines of the AOAC (2016). Feed samples were subjected to the same analyses. All parameters were performed in triplicate.

2.3 Fatty acids profile in meat

Lipid extraction from meat cuts was carried out according to Bligh and Dyer (1959). Briefly, 4 g of samples were mixed with 4 mL of water, 16 mL of methanol and 8 mL of chloroform in polypropylene tubes as describe by Reis et al. (2018). FA methylation was performed using the transesterification method proposed by Hartman and Lago (1973), as detail describe by Reis et al. (2018). Finally, hexane with the fatty acid methyl esters (FAME) was subjected to chromatography analysis using a gas chromatograph (model 3400CX), equipped with a flame ionization detector and automated injection system. The retention time of FAME compounds for meat samples were identified by comparison with the standard (FAME Mix-37, Sigma-Aldrich, St. Louis, MO). The results were expressed as percentage of each FA identified in the lipid fraction.

2.4 Lipid peroxidation

Lipid peroxidation was determined according to Giampietro et al. (2008), measuring the malonaldehyde (MAD) formed during the decomposition of lipid peroxides at 532 nm using a spectrophotometer. Compound 1,1,3,3-tetramethoxypropane (TMP) was used as the TBARS standard.

2.5 Statistical analysis

The data were tested for normality using the Shapiro-Wilk test and the skewness, kurtosis, and homogeneity were determined using the Levene test. One-way ANOVA was used to analyze all parameters that showed differences followed by post hoc test Tukey's tests. The P-value for significance was set at $P < 0.05$.

3 RESULTS

3.1 Chemical analyses

Concentration of crude protein and mineral material in broiler meat did not differ between treatments (Table 2). However, lipid levels were significantly lower in the meat of broilers fed with glycerol monolaurate (T200 and T300) than in control (T0).

3.2 FA in meat

Overall in meat, there was a significant reduction in total saturated fatty acids and a significant increase in total polyunsaturated fatty acids proportional to glycerol monolaurate intake in the diets (Table 3). There were no differences between groups in terms of total monounsaturated fatty acids.

Among the saturated fatty acids that were significantly influenced by the treatment, we note the reduction of C14:0, C16:0 and C18:0; as well as increases of C17:0 (Table 3). Among unsaturated fatty acids, we note increases in C18:2n6c, C18:3n3 and C20:4n6 (Table 3). The other fatty acids did not differ between treatments (Table 3).

3.3 Lipid peroxidation

There were significantly lower levels of meat TBARS levels proportional to the increase in glycerol monolaurate levels in broiler diets (Figure 1).

4. DISCUSSION

Meat quality may be influenced by the animal's nutritional status; such that lipid composition may be altered by dietary manipulation. Diets capable of increasing protein content and lowering chicken fat concentration have been used, as have been diets capable of modulating fatty acid profiles that seeks to reduce saturated fatty acid levels and increase unsaturated fatty acid levels (Gallardo et al., 2012; Reis et al. 2018). Fortuoso et al. (2019), recorded superior weight gain of broilers that received 300 mg GML/kg, as well as lower water retention capacity when birds ingested GML (doses of 100, 200 and 300 ppm). These changes may be considered undesirable; however, they were the only changes recorded, and the mechanism of greater water loss remains unknown. According to the literature, post-slaughter biochemical changes involved in muscle-to-meat conversion are accompanied by loss of cellular antioxidant defenses and increased propensity for oxidation of meat lipids that contributes to undesirable changes in various quality parameters, including loss of water retention capacity (Morrissey et al., 1998)

GML may have an as yet unknown effect on digestibility, altering parameters related to lipid metabolism, as evidenced in this study by lower lipid levels in the T300 group.

According to Jiang et al. (2018), GML passes through the gastrointestinal tract with relatively stability and long residence time; it therefore has major impacts on host health and physiology, especially on metabolism and immunity by direct action on the intestinal microbiota. Hong et al. (2012), suggested that the positive effects of medium-chain fatty acids (containing from 6 to 12 carbons) on digestibility and growth performance were the result of inhibition of proliferation of pathogenic bacteria. Oetting et al. (2006) suggested that one of the modes of action of antimicrobial agents was the reduction of toxin-producing microorganisms adhered to the intestinal epithelium, providing nutrient savings by the animal to maintain the gastrointestinal tract and favoring performance. According to Missotten et al. (2009), lipids stored in adipose tissue not only reflect ingested lipids, but also may indirectly affect fatty acid composition by modulating the expression of lipogenic enzymes.

Lower lipid levels in the breast meat of GML-fed chickens (T200 and T300) associated with a reduction in the AGS and an increase in PUFA, proportionate to the concentration of GML consumed in the diet. Potença et al. (2010) reported the influence of dietary lipid sources on fatty acid profiles of chicken leg meat using ingredients with properties similar to those tested in the present study. Mariutti and Bragnolo (2009), in a study in humans, found that fatty acid profiles correlated with metabolic and physiological changes associated with the development and/or prevention of non-communicable chronic diseases. It is important to define additives and supplements that positively modulate fatty acid levels in foods, as occurred in this study. The search for foods that have beneficial effects on human health is intensifying, especially with respect to foods containing higher levels of polyunsaturated fatty acids (PUFA) (Krauss et al., 2001). According to Gebauer et al. (2006), consumption of foods containing PUFA, especially n-3 fatty acids, is a way to reduce the risk of cardiovascular disease. The same authors also point out that the most important n-3 fatty acids in human diets are eicosapentaenoic acid (EPA; 20:5n3) and docosahexaenoic acid

(DHA; 22:6n3) and α -linolenic acid (LNA; 18:3n3), with emphasis on LNA, because it acts as a precursor in the synthesis of EPA and DHA. In humans, LNA and linoleic acid (C18: 2n6, LA) are required to maintain brain function, nerve impulse transmission, hemoglobin synthesis, and cell division (Youdim et al., 2000). These findings reinforce the positive results of this study, as we found increased levels of linoleic acid (C18:2n6c), linoleic acid (C18:3n3) and arachidonic acid (C20:4n6) in meat.

Monounsaturated fatty acids (MUFA) and PUFA stimulate reduction of plasma LDL-cholesterol levels; however, consumption of high-SFA diets, especially palmitic acid (C16:0) and myristic acid (C14:0), promotes increases in total cholesterol and LDL levels, increasing the risk of developing cardiovascular disease (Lottenberg, 2009). For this reason, Lopez-Ferrer et al. (2001) drew attention to the importance of enriching chicken meat with PUFA, mainly by the addition of polyunsaturated fats to the diet. The same authors suggested that lipid profiles could be modified in poultry 1 week of replacing the source of dietary fat; nevertheless, the correlation between the nature and magnitude of change in the deposition of each fatty acid in chicken meat and its amount in the diet remains unclear. Importantly, GML increased PUFA levels as a consequence of the increase in LNA and LA levels in broiler meat (T200 and T300). Furthermore, GML reduced levels of palmitic acid (C16:0) and myristic acid (C14:0) and, consequently, reduced total saturated fatty acid levels. These results highlight the benefits of using GML in the fatty acid profile of broiler meat.

PUFA content in foods is considered desirable; nevertheless, PUFA-enriched chicken meat contains more fatty acids with a high number of double bonds, possibly affecting oxidative stability and increasing their susceptibility to oxidation (Grau et al., 2001); this is not what we found in the meat of broilers fed with GML. According to the literature, lipid oxidation may also affect the taste, aroma and texture of meat, limiting its stability and shelf life (Almeida et al., 2012), destroying intracellular membranes, decreasing carcass juiciness,

and reducing weight (Yunes, 2010). This is because chicken meat has low levels of natural antioxidants, making it even more prone to lipid oxidation (Gatellier et al. 2007). The oxidation process, in addition to causing loss of nutritional and sensory values, leads to the formation of potentially toxic compounds that are related to meat quality and the reduction of its shelf life (Cortinas et al., 2005). In the present study, we identified reduction of lipid peroxidation in the meat of GML-fed chickens, proportional to the increase in dietary additive concentration. This result was most likely the result of reduction of lipid levels in meat, consequently reflected in lower oxidative reactions. Comparisons of TBARS values between studies are difficult to make because differences in the magnitude of TBARS variation can be attributed to such factors as the method of analysis used, storage conditions (time, temperature, packaging), and fatty acid profiles in the meat, among others (Cortinas et al., 2005). Researchers have suggested that GML is a promising product for preservation of fish meats, because GML reduced the degree of chemical deterioration in carp fillets (Yu et al., 2017).

A limitation of our research was the absence of fatty acid profile analysis in the diet consumed by the birds during all experimental period (day 1 to 42), quantification made only between days 36 and 42 of life (termination phase); when there was no difference between groups for fatty acid profile (data not shown). These fatty acid profile analyzes between days 1 to 35 are important; because if there was no difference between treatments; we could state that the changes found are due to the consumption of GML in the diet. But if the fatty acid profile was different between days 1 to 35 of life, we cannot state that GML affects lipid profile in broiler meat. As a result, further research is needed to confirm that GML is a potential growth enhancer; and meat quality.

5. CONCLUSION

Preliminary results show that the GML in broiler diets may influence the nutritional characteristics of meat, i.e. it reduced fat content in meat in a concentration-dependent manner, reducing levels of SFA that are considered undesirable for human health. GML supplementation increased PUFA levels in meat of desirable fat thought to be beneficial to consumer health. Finally, GML has direct and indirect antioxidant action, as shown by decreased meat lipid peroxidation, a possible mechanism of increasing the shelf life of meat products. However, as the results are preliminary, further studies will be needed to confirm the data and understand the mechanisms involved.

Ethics note

This experimental protocol was approved by the Animal Welfare Committee of the State University of Santa Catarina (UDESC), under protocol number 1591200317

Acknowledgments

We also thank public agencies in Brazil (FAPESC, CAPES and CNPq) for financial and technical support.

Conflict of Interest

The authors declare they have no conflicts of interest.

REFERENCES

Abraham, E.R.; Verillo-rowell, V.M. (2000). Testing of lauricidin versus isopropyl alcohol for antiseptics of cutaneous hand microbes to prevent infection. *Philippines Journal of Microbiology Disease Infections*, 29(3), 128-135.

Almeida, J.N., Santos, G.R., Beteto, F.M., Medeiros, L.G., Oba, A., Shimokomaki, M., Soares, A.L. (2012). Suplementação de selênio quelatado na ração e qualidade da carne de frango. *Ciências Agrárias*, 33(2), 3117-3122.

AOAC: Association of Official Analytical Chemists. Official Methods of Analysis of AOAC International. (2016). 20th ed.

Betti, M., Schneider, B.L., Wismer, W.V., Carney, V.L., Zuidhof, M.J., Renema, R.A. (2009). Omega-3-enriched broiler meat: 2. Functional properties, oxidative stability, and consumer acceptance. *Poultry Science*, 88(5), 1085–1095.
<https://doi.org/10.3382/ps.2008-00158>.

Castanon, J.I. (2007). History of the use of antibiotic as growth promoters in European poultry feeds. *Poultry Science*, 86(11), 2466–2471. <https://doi.org/10.3382/ps.2007-00249>.

Cortinas, L., Barroeta, A.C., Villaverde, C., Galobart, J., Guardiola, F., Baucells, M.D. (2005). Influence of the dietary polyunsaturation level on chicken meat quality: lipid oxidation. *Poultry Science*, 84(1), 48-55. <https://doi.org/10.1093/ps/84.1.48>.

Fortuoso, B.F., Gebert, R.R., Barreta, M., Baldissera, M.D., Dos Santos, I.D., Wagner, R., Campigotto, G., Da Silva, A.S., 2019. Glycerol monolaurate in the diet of broiler chickens replacing conventional antimicrobials: Impact on health, performance and meat quality. *Microbial Pathogenesis*, 129, 161-167.

Gallardo, M. A., Pérez, D.D., Leightin, F.M. (2012). Modification of fatty acid composition in broiler chickens fed canola oil. *Biology Research*, 45(2), 149-161. <http://dx.doi.org/10.4067/S0716-97602012000200007>.

Gatellier, P., Gomez, S., Gigaud, V., Berri, C., bihan-duval, E.L. (2007). Use of a fluorescence front face technique for measurement of lipid oxidation during refrigerated storage of chicken meat. *Meat Science*, 76(3),543-547. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2007.01.006>.

Gebauer, S.K., Psota, L.P., Harris, W.S., Kris-Etherton, P.M. (2006). N-3 Fatty acid dietary recommendations and food sources to achieve essentiality and cardiovascular benefits. **The American Journal of Clinical Nutrition**, 83(6), 1526S–1535S. <https://doi.org/10.1093/ajcn/83.6.1526S>.

Grau, A., Guardiola, F., Grimpa, S., Barroeta, A.C., Codony, R. (2001). Oxidative stability of dark chicken meat through frozen storage: Influence of dietary fat and α -tocopherol and ascorbic acid supplementation. *Poultry Science*. 80(11), 1630–1642. <https://doi.org/10.1093/ps/80.11.1630>.

Hong, S.M., Hwang, J.H., Kim, I.H. (2012). Effect of Medium-chain Triglyceride (MCT) on Growth Performance, Nutrient Digestibility, Blood Characteristics in Weanling Pigs. *Asian-Aust. J. Anim. Sci.* 25(7), 1003 – 1008. <http://dx.doi.org/10.5713/ajas.2011.11402>.

Jiang, Z., Zhao, M., Zhang, H., Li, Y., Liu, M., Feng, F. (2018). Antimicrobial Emulsifier–Glycerol Monolaurate Induces Metabolic Syndrome, Gut Microbiota Dysbiosis, and Systemic

Low-Grade Inflammation in Low-Fat Diet Fed Mice. *Mol. Nutr. Food Res.* 62(3).
<https://doi.org/10.1002/mnfr.201700547>.

Khattak, F., Ronchi, A., Castelli, P., Sparks, N. (2014). Effects of natural blend of essential oil on growth performance, blood biochemistry, cecal morphology, and carcass quality of broiler chickens. *Poultry Science*, 93(1), 132–137. <https://doi.org/10.3382/ps.2013-03387>.

Krauss, R. M., Eckel, R. H., Howard, B., Appel, L.J., Daniels, S.R., Deckelbaum, R.J., Bazzare, T.L. (2001). Revision 2000: Statement for healthcare professionals from the nutrition committee of the American Heart Association. *AHA Scientific Statement*, 31(11), 2751–2766. <https://doi.org/10.1161/01.STR.31.11.2751>.

Li, Q. J. D; Estes, P. M; Schlievert, L; Duan, A. J; Brosnahan, P. J; Haase, A.T (2009). Glycerol monolaurate prevents mucosal SIV transmission. *Nature* 458(7241), 1034–1038.

Lopez-Ferrer, S., Baucells, M.D., Barroeta, A.C., Grashorn, M.A. (2001). N-3 enrichment of chicken meat. Use of very long-chain fatty acids in chicken diets and their influence on meat quality: Fish oil. *Poultry. Science.* 80(6), 741–752. <https://doi.org/10.1093/ps/80.6.741>.

Lottenberg, A.M.P. (2009). Importância da gordura alimentar na prevenção e no controle de distúrbios metabólicos e da doença cardiovascular. *Arquivos Brasileiros de Endocrinologia & Metabologia*, 53(5), 595-607. <http://dx.doi.org/10.1590/S0004-27302009000500012>.

Mariutti, L.R.B., Bragagnolo, N. (2009). A oxidação lipídica em carne de frango e o impacto da adição de sálvia (*Salvia officinalis*, L.) e de alho (*Allium sativum*, L.) como antioxidantes naturais. *Revista Instituto Adolfo Lutz*, 68(1), 1-11.

Missotten, J., De Smet, S., Raes, K., Doran, O. (2009). Effect of supplementation of the maternal diet with fish oil or linseed oil on fatty-acid composition and expression of $\Delta 5$ - and $\Delta 6$ -desaturase in tissues of female piglets. *Animal*, 3(8), 1196-1204. <https://doi.org/10.1017/S1751731109004455>.

Morrissey, P.A., Sheehy, P. J., Galvin, K., Kerry, J.P., Buckley, D.J. (1998). Lipid stability in meat and meat products. *Meat Science*, 49(1), 73-86. [https://doi.org/10.1016/S0309-1740\(98\)90039-0](https://doi.org/10.1016/S0309-1740(98)90039-0).

Oetting, L.L., Utiyama, C.E., Giani, P.A., Ruiz, U.S., Miyada, V.S. (2006). Efeitos de extratos vegetais e antimicrobianos sobre a digestibilidade aparente, o desempenho, a morfometria dos órgãos e a histologia intestinal de leitões recém-desmamados. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 35(4), 1389-1397. <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-35982006000500019>.

Potença, A., Murakami, A.E., Matsushita, M., Visentainer, J.V., Martins, E.N., Furlan, A.C. (2010). Perfil lipídico e maciez da carne de coxa e sobrecoxa de frangos de corte alimentados com rações contendo diferentes fontes lipídicas. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 39(8), 1774-1783. <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-35982010000800021>.

Reis, J.H., Gebert, R.R., Barreta, M., Baldissera, M.D., Dos Santos, I.D., Wagner, R., Campigotto, G., Jaguezeski, A.M., Gris, A., Da Silva, A.S. (2018). Effects of phytogetic feed additive based on thymol, carvacrol and cinnamic aldehyde on body weight, blood parameters and environmental bacteria in broilers chickens. *Microbial Pathogenesis*, 125, 168-176.

Ribeiro, P.A.P., Logato, P.V.R., Paula, D.A.J., Costa, A.C., Murgas, L.D.S., Freitas, R.T.F. (2008). Efeito do uso de óleo na dieta sobre a lipogênese e o perfil lipídico de tilápias-do-nilo. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 37(8), 1331-1337. <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-35982008000800001>.

Rosmini, M.R., Perlo, F., Perez-Alvarez, J.A., Pagán-Moreno, M.J., Gago-Gago, A., López-Santoveña, F, Aranda-Catalá, V. (1996). TBA test by extractive method applied to 'Pate'. *Meat Science*, 42(1), 103-110. [https://doi.org/10.1016/0309-1740\(95\)00010-0](https://doi.org/10.1016/0309-1740(95)00010-0).

Rostagno, H. S.; Albino, L. F. T.; Hannas, M.I.; Donzele, J.L.; Sakomura, N.K.; Perazzo, F.G.; Saraiva, A.; Teixeira, M.V.; Rodrigues, P.B.; Oliveira, R.F.; Barreto, S.L.T.; Brito, C.O. (2017) *Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais*.

Schilevert, P.M., Peterson, M.L. (2012). Glycerol monolaurate antibacterial activity in broth and biofilm cultures. *PLoS One*, 7(7). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0040350>.

Silva, E.N. (2000). Antibióticos intestinais naturais: bacteriocinas. In: Simpósio sobre aditivos alternativos na nutrição animal. Anais... *Instituto Agronômico de Campinas*, 15-24.

Strandberg, K.L., Peterson, M.L., Lin, Y., Pack, M.C., Chase, D.J., Schlievert, P. (2010). Glycerol Monolaurate inhibits *Candida* and *Gardnerella vaginalis* *in vitro* and *in vivo* but not *Lactobacillus*. *Antimicrobial Agents and Chemotherapy*, 54(2), 597-601.

Toghyani, M., Toghyani, M., Gheisari, A., Ghalamkari, G., Eghblsaied, S. (2011). Evaluation of cinnamon and garlic as antibiotic growth promoter substitutions on performance, immune responses, serum biochemical and haematological parameters in broiler chicks. *Livestock Science*, 138 (1), 167–173. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2010.12.018>.

Thormar, H.; Isaacs, C.E.; Brown, H.R.; Barshatzky, M.R.; Pessolano, T. (1987). Inactivation of enveloped viruses and killing of cells by fatty acids and monoglycerides. *Antimicrobial Agents of Chemotherapy*, 31(1),27–31, 1987.

Wati, T., Ghosh, T.k., Syed, B., Haldar, S. (2015). Comparative efficacy of a phytogetic feed additive and an antibiotic growth promoter on production performance, caecal microbial population and humoral immune response of broiler chickens inoculated with enteric pathogens. *Animal Nutrition*, 1(3), 213–219. <http://dx.doi.org/10.1016/j.aninu.2015.08.003>.

Wood, J., Enser, M. (1997). Factors influencing fatty acids in meat and the role of antioxidants in improving meat quality. *British Journal of Nutrition*, 78(1), 49-S60. <https://doi-org.ez74.periodicos.capes.gov.br/10.1079/BJN19970134>.

Youdim, K.A., Martin, A., Joseph, J.A. (2000) Essential fatty acids and the brain: possible health implications. *International Journal of Developmental Neuroscience*, 18(4/5), 383-399. [https://doi.org/10.1016/S0736-5748\(00\)00013-7](https://doi.org/10.1016/S0736-5748(00)00013-7).

Yunes, J. F. F. Avaliação dos efeitos da adição de óleos vegetais como substitutos de gordura animal em mortadela. 2010. 103f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal de Santa Maria.

Yu, D., Jiang, Q., Xu, Y., Xia, W. (2017). The shelf life extension of refrigerated grass carp (*Ctenopharyngodonidellus*) fillets by chitosan coating combined with glycerolmonolaurate. *International Journal of Biological Macromolecules*. 101, 448–454. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2017.03.038>.

Zuidhof, M.J., Betti, M., Korver, D.R., Hernandez, F. I. L., Schneider, B.L., Carney, V.L., Renema, R.A (2009). Omega-3 enriched broiler meat: 1. Optimization of a production system. *Poultry Science*, 88 (5), 1108-1220. <https://doi.org/10.3382/ps.2008-00171>.

Table 1: Ingredients and calculated chemical composition of the basal diet ingested by broilers by phase of the productive cycle during all experimental period, adapted from Fortuoso et al. (2019).

Ingredients (%)	Age (days)			
	1 – 7	8-21	22-35	36-42
Corn	52.3	54.7	58.0	62.6
Soybean meal	39.8	36.9	33.2	29.2
Soy oil	3.56	4.40	5.22	4.99
Bicalcium phosphate	1.89	1.56	1.33	1.11
Calcitic limestone	0.92	0.96	0.92	0.81
Iodized salt	0.54	0.51	0.49	0.47
DL-Methionine	0.36	0.32	0.30	0.27
Lysine	0.31	0.26	0.26	0.28
Threonine	0.12	0.09	0.08	0.07
Premix of vitamins ¹	0.10	0.10	0.10	0.10
Premix of minerals ²	0.10	0.10	0.10	0.10
Total	100	100	100	100
Additives in diet basal³				
Salinomycin (ppm)	80.0	80.0	80.0	0.00
Zinc bacitracin (ppm)	60.0	60.0	60.0	0.00
Calculated chemical composition				
Energy (Mcal/kg)	2.96	3.05	3.15	3.20
Brute protein (%)	22.4	21.2	19.8	18.4
Calcium (%)	0.92	0.84	0.76	0.66
Available phosphorus (%)	0.47	0.40	0.35	0.31
Digestible lysine (%)	1.32	1.22	1.13	1.06
Digestible methionine (%)	0.65	0.59	0.56	0.52
Digestible methionine + cysteine (%)	0.95	0.87	0.82	0.77
Digestible threonine (%)	0.86	0.79	0.73	0.69
Digestible tryptophan (%)	0.25	0.24	0.22	0.20
Sodium (%)	0.22	0.21	0.20	0.19

¹ Minimal vitamin levels per kg of food: vitamin A (5000000 UI); vitamin D3 (1.000.000 IU); vitamin E (15000 UI); vitamin K3 (1.500 mg); vitamin B1 (1.500 mg); vitamin B2 (3.000 mg); vitamin B6 (2.000 mg); vitamin B12 (7.000 mcg); folic acid (500 mg); nicotinic acid (15 g); pantothenic acid (7000 mcg); choline (80 g); biotin (100 mg); minimum humidity (40 g); maximum mineral matter (500 g).

² Minimal mineral levels per kg of food: copper (10 g); iron (50 g); iodine (1.000 mcg); manganese (80 g); selenium (300 mg); zinc (70 g); minimum humidity (20 g); maximum mineral matter (980 g).

³ Glycerol monourate was the test additive added at all stages of the production cycle (day 1 to 42) at doses 100, 200 and 300 ppm. Group T0, control group (basal diet); group T100, basal diet + 100 ppm of GML; group T200, basal diet + 200 ppm of GML; group T300, basal diet + 300 ppm of GML.

Table 2: Percentage of crude protein, lipids, mineral matter in breasts of chickens fed with an experimental diet containing glycerol monolaurate (GML).

Variables (%)	T0	T100	T200	T300
Crude protein	22.28 ± 0.21 ^a	22.17 ± 0.17 ^a	22.34 ± 0.28 ^a	22.31 ± 0.19 ^a
Lipids	2.51 ± 0.12 ^a	2.42 ± 0.11 ^{ab}	2.21 ± 0.16 ^{bc}	2.18 ± 0.12 ^c
Ash	1.39 ± 0.12 ^a	1.40 ± 0.09 ^a	1.37 ± 0.10 ^a	1.38 ± 0.13 ^a

* Different letters within a line indicates significant differences among groups using Tukey post-hoc test (P <0.05). Group T0: basal diet + Salinomycin 80ppm + Zinc bacitracin 60 ppm; group T100: basal diet + 100 ppm of GML; group T200: basal diet + 200 ppm of GML; group T300: basal diet + 300 ppm of GML.

Table 3: Fatty acids profile in meat of broiler chickens fed with an experimental diet containing glycerol monolaurate (GML) (means, \pm SD).

Fatty acids (%)	T0	T100	T200	T300
C10:0	0.02 \pm 0.01 ^a	0.03 \pm 0.01 ^a	0.03 \pm 0.02 ^a	0.01 \pm 0.0 ^a
C12:0	0.02 \pm 0.01 ^a	0.03 \pm 0.01 ^a	0.02 \pm 0.01 ^a	0.02 \pm 0.01 ^a
C14:0	0.37 \pm 0.05 ^a	0.30 \pm 0.02 ^{ab}	0.25 \pm 0.03 ^{bc}	0.21 \pm 0.02 ^c
C15:0	0.08 \pm 0.01 ^a	0.07 \pm 0.01 ^a	0.07 \pm 0.01 ^a	0.07 \pm 0.01 ^a
C16:0	23.4 \pm 1.31 ^a	22.21 \pm 1.42 ^{ab}	22.08 \pm 0.70 ^b	21.3 \pm 0.89 ^b
C17:0	0.11 \pm 0.01 ^b	0.14 \pm 0.03 ^{ab}	0.15 \pm 0.02 ^a	0.16 \pm 0.01 ^a
C18:0	10.5 \pm 0.85 ^a	9.28 \pm 0.47 ^b	9.12 \pm 1.01 ^b	9.05 \pm 0.34 ^b
C20:0	0.12 \pm 0.01 ^a	0.12 \pm 0.02 ^a	0.13 \pm 0.01 ^a	0.12 \pm 0.02 ^a
C22:0	0.08 \pm 0.01 ^a	0.09 \pm 0.03 ^a	0.07 \pm 0.02 ^a	0.08 \pm 0.01 ^a
Total SFA	34.7 (2.24)^a	32.27 (1.75)^{ab}	31.92 (1.57)^b	31.02 (1.69)^b
C16:1	2.95 \pm 0.33 ^a	2.93 \pm 0.54 ^a	2.90 \pm 0.72 ^a	2.87 \pm 0.51 ^a
C14:1	0.06 \pm 0.01 ^a	0.07 \pm 0.01 ^a	0.07 \pm 0.02 ^a	0.07 \pm 0.01 ^a
C18:1n9c	28.8 \pm 2.25 ^a	29.2 \pm 2.06 ^a	28.0 \pm 1.23 ^a	28.5 \pm 1.12 ^a
C20:1	0.30 \pm 0.02 ^a	0.29 \pm 0.02 ^a	0.31 \pm 0.01 ^a	0.28 \pm 0.02 ^a
Total MUFA	32.11 (2.09)^a	32.49 (1.76)^a	31.28 (1.87)^a	31.72 (2.01)^a
C18:2n6c	25.28 \pm 1.87 ^b	26.77 \pm 1.17 ^{ab}	28.38 \pm 1.22 ^a	28.74 \pm 2.07 ^a
C18:3n6	0.27 \pm 0.05 ^a	0.25 \pm 0.07 ^a	0.27 \pm 0.04 ^a	0.26 \pm 0.05 ^a
C18:3n3	1.28 \pm 0.21 ^b	1.36 \pm 0.12 ^b	1.49 \pm 0.08 ^{ab}	1.59 \pm 0.07 ^a
C20:2	0.57 \pm 0.04 ^a	0.52 \pm 0.07 ^a	0.55 \pm 0.10 ^a	0.58 \pm 0.07 ^a
C20:3n6	0.67 \pm 0.15 ^a	0.67 \pm 0.12 ^a	0.68 \pm 0.12 ^a	0.66 \pm 0.15 ^a
C20:4n6	4.08 \pm 0.46 ^b	4.37 \pm 0.83 ^{ab}	4.47 \pm 0.50 ^a	4.55 \pm 0.16 ^a
C20:5n3	0.11 \pm 0.02 ^a	0.12 \pm 0.03 ^a	0.13 \pm 0.02 ^a	0.14 \pm 0.02 ^a
C22:2	0.10 \pm 0.02 ^a	0.09 \pm 0.01 ^a	0.08 \pm 0.02 ^a	0.10 \pm 0.03 ^a
C22:6n3	0.39 \pm 0.10 ^a	0.40 \pm 0.03 ^a	0.60 \pm 0.28 ^a	0.57 \pm 0.23 ^a
Total PUFA	32.75 (2.74)^b	34.55 (2.37)^{ab}	36.65 (2.09)^a	37.19 (3.41)^a

^{a,b} Different letters in the same line indicate a significant difference between treatments ($P < 0.05$). Group T0: basal diet + Salinomycin 80ppm + Zinc bacitracin 60 ppm; group T100: basal diet + 100 ppm of GML; group T200: basal diet + 200 ppm of GML; group T300: basal diet + 300 ppm of GML.

Note 2: Capric acid (C10:0), lauric acid (C12:0), myristic acid (C14:0), myristylic acid (C14:1), pentadecanoic acid (C15:0), palmitic acid (C16:0), palmitolytic acid (C16:1), margaric acid (C17:0), stearic acid (C18:0), oleic acid (C18:1n9c), linoleic acid (C18:2n6c), alpha-linoleic acid (C18:3n6), linolelaidic acid (C18:3n3), arachidic acid (C20:0), gadoleic acid (C20:1), eicosadienoic acid (C20:2), dihomo- γ -linolênico acid (C20:3n6), arachidonic acid (C20:4n6), dihomo- α -linolenic acid (C20:3n3), eicosadienoic acid (C20:5n3), behenic acid (C22:0), docosadienoic acid (C22:2), docosahexaenoic acid (C22:6n3).

Note 3: saturated fatty acids (SFA); monounsaturated fatty acids (MUFA); polyunsaturated fatty acids (PUFA).

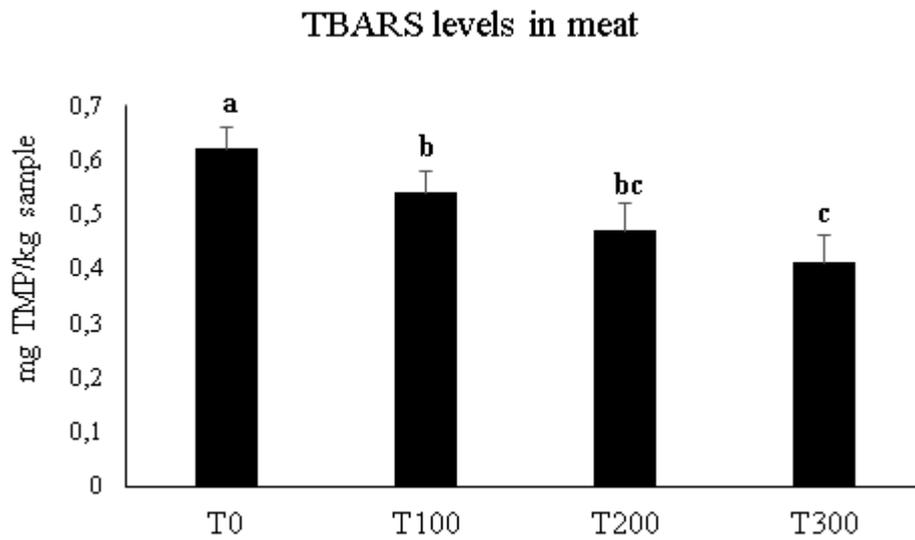


Figure 1: TBARS levels in meat of broiler chickens fed with an experimental diet containing glycerol monolaurate (GML) (means, \pm SD). Different letters indicate significant differences among groups using Tukey post-hoc test ($P < 0.05$). Group T0, control group (basal diet); group T100, basal diet + 100 ppm of GML; group T200, basal diet + 200 ppm of GML; group T300, basal diet + 300 ppm of GML.

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O monolaurato de glicerol demonstrou efeitos positivos nas características relacionadas à qualidade da carne; porém como trata-se de resultados preliminares novos estudos são necessários para confirmar os nossos dados, assim como compreender os mecanismos envolvidos nas mudanças de perfil lipídico na carne de frangos que consumiram o MLG. Amostras oriundas de animais que receberam ração suplementada com os maiores teores de MLG apresentaram menor teor de lipídios e alteração positiva no perfil de ácidos graxos, com destaque ao aumento nos percentuais de ácidos graxos poli-insaturados e redução nos teores de ácidos graxos saturados. Tais características são consideradas importantes para alimentos destinados ao consumo humano, sendo relacionadas a aspectos nutricionalmente desejados. Além disso, a carne congelada de animais tratados com MLG apresentou menores teores de peroxidação. Os resultados obtidos sugerem que o escopo de ação do MLG na indústria de alimentos pode ser expandido para além de seu uso como emulsificante e agente antibacteriano. Há excelentes oportunidades para explorar ainda mais o MLG como um aditivo alimentar que pode melhorar o perfil de ácidos graxos da carne de frangos.

REFERÊNCIAS

- ABPA. Associação Brasileira Proteína Animal. **Relatório Anual**. Disponível em: <http://abpa-br.com.br/setores/avicultura/mercado-mundial>. Acesso em agosto de 2019.
- ABRAHAM, E.R.; VERALLO-ROWELL, V.M. Testing of lauricidin versus isopropyl alcohol for antiseptics of cutaneous hand microbes to prevent infection. **Philippines Journal of Microbiology Disease Infections**, v.29, p.128-135, 2000.
- BAUTISTA, D.A.; DURISIN, M. D.; RAZAVI-ROHANI, S. M.; HILL, A. R.; GRIFFITHS, M. W. Extending the shelf-life of cottage cheese using monolaurin. **Food Research International**. v.26, p.203-208, 1993.
- BELLAVER, C.; SCHEUERMANN, G. Aplicações dos ácidos orgânicos na produção de aves de corte. **III Seminário Internacional de Aves e Suínos Avesui**, Florianópolis, SC, 2004.
- BRUGALLI, I. Alimentação alternativa: a utilização de fitoterápicos ou nutracêuticos como moduladores da imunidade e desempenho animal. **Anais... SIMPÓSIO SOBRE MANEJO E NUTRIÇÃO DE AVES E SUÍNOS**, Campinas, 2003. Campinas: CBNA, p.167-182, 2003.
- BOU, R.; GUARDIOLA, F.; GRAU, A.; GRIMPA, S.; MANICH, A.; BARROETA, A.; CODONY, R. Influence of dietary fat source, α -tocopherol, and ascorbic acid supplementation on sensory quality of dark chicken meat. **Poultry Science**, v. 80, p.1-8, 2001.
- CATALAN, A.A.S.; GOPINGER, E.; LOPES, D.C.N.; GONÇALVES, F.M.; ROLL, .A.P.; XAVIER, E.G.; AVILA, V.S.; ROLL, V.F.B. Aditivos fitogênicos na nutrição animal: Panax ginseng. **Revista Portuguesa de Ciências Veterinárias**, v.107, p.15-21, 2012.
- CASTANON, J.I. History of the use of antibiotic as growth promoters in European poultry feeds. **Poultry Science**, v. 86, p. 2466–2471, 2007.
- CERQUEIRA, F.M.; MEDEIROS, M.H.G.; AUGUSTO, O. Antioxidantes dietéticos: controvérsias e perspectivas. **Química Nova**, v.30, p. 441-449, 2007.

CHESNEY, P. J. Clinical aspects and spectrum of illness of toxic shock syndrome: overview. **Review of Infectious Disease**. v.11, p.S1-S7, 1989.

DAVIES, J.; DAVIES, D. Origins and Evolution of Antibiotic Resistance. **Microbiology and Molecular Biology Reviews**, v. 74, p. 417–433, 2010.

DAVIS, J. P.; CHESNEY, P. J.; WAND, P. J.; LAVENTURE, M.; AND INVESTIGATION AND LABORATORY TEAM. Toxic shock syndrome: epidemiologic features, recurrence, risk factors, and prevention. **New England Journal of Medicine**. v.303, p.1429-1435, 1980.

DAWSON, K. A.; PIRVULESCU, M. Mananoligossacarídeos derivados de leveduras como moduladores da resposta imunológica e alternativas aos promotores de crescimento antimicrobianos. **Anais... RONDA LTINO AMERICANA D ALLTECH**, 9., 1999, Curitiba, Paraná. Curitiba: Alltech, p.33-41, 1999.

DELBEM, N. L. C. **Desempenho, rendimento de carcaça e qualidade da carne de frangos suplementados com óleo de soja e antioxidantes**. Dissertação (mestrado), Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia de Botucatu, 2014. 52 p.

DESBOIS, A.P.; SMITH, V.J. Antibacterial free fatty acids: Activities, mechanisms of action and biotechnological potential. **Appl. Microbiol. Biotechnol**, v. 85, p.1629–1642, 2010.

DE SNOECK, S.; VAN DER WOLF, P.J.; SWART, W.; HEIJMAN, E.; EBBINGE, B. The effect of the application of mono-lauric acid with glycerol mono-laurate in weaned piglets, on the use of antimicrobials in sow herds. **In: Ninth International Conference on the Epidemiology and Control of Biological, Chemical and Physical Hazards in Pigs and Pork**. 2011. DOI: 10.31274/safepork-180809-669.

ESTEVEZ, M.; RAMIREZ, R.; VENTANAS, S.; CAVA, R. Sage and Rosemary essential oils versus BHT for the inhibition of lipid oxidative reactions in liver pate. **LWT- Food Science and Technology**, v.40, p.58-65, 2007.

FORTUOSO, B.F.; GEBERT, R.R.; BARRETA, M.; BALDISSERA, M.D.; DOS SANTOS, I.D.; WAGNER, R.; CAMPIGOTTO, G.; DA SILVA, A.S. Glycerol monolaurate in the diet of broiler chickens replacing conventional antimicrobials: Impact on health, performance and meat quality. **Microbial Pathogenesis**, v.129, p.161-167, 2019.

GALLARDO, M.A.; PÉREZ, D.D.; LEIGHTON, F.M. Modification of fatty acid composition in broiler chickens fed canola oil. **Biology Research**, v. 45, p. 149-161, 2012.

GORDON, M.H. **Factors affecting lipid oxidation**. In: STEEL, R. Understanding and measuring the shelf-life of food. Boca Raton: CRC Press; 2004. Disponível em www.foodnetbase.com. Acesso em agosto de 2019.

HOMUNG, B.; ARNTMANN, E.; SAUER, G. Lauric acid inhibits the maturation of vesicular stomatitis virus. **Journal of General Virology**. v.75, p.353-61, 1994.

HUR, S.J.; PARK, G.B.; JOO, S.T. Formation of cholesterol oxidation products (COPs) in animal products. **Food Control**, v.18, p. 939-47, 2007.

JIANG, Z.; ZHAO, M.; ZHANG, H.; LI, Y.; LIU, M.; FENG, F. Antimicrobial Emulsifier–Glycerol Monolaurate Induces Metabolic Syndrome, Gut Microbiota Dysbiosis, and Systemic Low-Grade Inflammation in Low-Fat Diet Fed Mice. **Mol. Nutr. Food Res**, v.62, 1700547, 2018.

KABARA, J.J.; MARSHALL, D.L. Medium-chain fatty acids and esters. In: Davison PM, Sofos JN, Brannen JL, **Antimicrobials in food**. 3rd ed. Boca Raton. p.327-60, 2005.

KABARA, J.J.; SWIECZKOWSKI, D.M.; CONLEY, A.J.; TRUANT, J.P. Fatty acids and derivatives as antimicrobial agents. **Antimicrob. Agents Chemother**, v. 2, p. 23–28, 1972.

KOYAMA, N.T.G; ROSA, A.P; PADILHA, M.T.S; BOEMO, L.S.; SCHER, A.; MELO, A.M.S.; FERNANDES, M.O. Desempenho e rendimento de carcaça de frangos de corte alimentados com mistura de aditivos fitogênicos na dieta. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.49, n.3, p.225-231, 2014.

KRISTI, L. S. et al. Glycerol Monolaurate Inhibits *Candida* and *Gardnerella vaginalis* *in vitro* but not Lactobacillus. **Antimicrobial Agents of Chemotherapy**. v. 54, p. 597-601, 2010.

LANGHOUT, P. Alternativas ao uso de quimioterápicos na dieta de aves: A visão da indústria e recentes avanços. **Anais... CONFERENCIA APINCO DE CIENCIA E TECNOLOGIA AVICOLAS**, 2005. Santos, Santos: FACTA, p. 21 -33, 2005.

LI, Q. J. D; ESTES, P. M; SCHLIEVERT, L; DUAN, A. J; BROSNAHAN, P. J; SOUTHERN, C. S; REILLY, M. L; PETERSON, N; SCHULTZ-DARKEN, K. G; BRUNNER, K. R.; NEPHEW, S.; PAMBUCCIAN, J. D.; LIFSON, J. V. CARLIS, A. T. HAASE. Glycerol monolaurate prevents mucosal SIV transmission. **Nature**, v.458, p.1034–1038, 2009.

LOPES, L.Q.S., SANTOS, C.G., DE ALMEIDA VAUCHER, R., GENDE, L., RAFFIN, R.P., SANTOS, R.C.V. Evaluation of antimicrobial activity of glycerol monolaurate nanocapsules against American foulbrood disease agent and toxicity on bees. **Microbial Pathogenesis**, v. 97, p.183-188, 2016.

MARIUTTI, L.R.B.; BRAGAGNOLO, N. A oxidação lipídica em carne de frango e o impacto da adição de sálvia (*Salvia officinalis*, L.) e de alho (*Allium sativum*, L.) como antioxidantes naturais. **Revista Instituto Adolfo Lutz**, v. 68, p.1-11, 2009.

MARIUTTI, L.R.B.; ORLIEN, V.; BRAGAGNOLO, N.; SKIBSTED, L.H. Effect of sage and garlic on lipid oxidation in high-pressure processed chicken meat. **European Food Research and Technology**, v. 227, p.337-44, 2008.

MEHDI, Y.; LETOURNEAU-MONTMINY, M.P.; GAUCHER, M.L.; CHORFI, Y.; SURESH, G.; ROUISSI, T.; BRAR, S.K.; COTÉ, C.; RAMIREZ, A.A.; GODBOUT, S. Use of antibiotics in broiler production: Global impacts and alternatives. **Animal Nutrition**, v. 4, p.170-178, 2018.

MILLET, S.; MAERTENS, L. The European ban on antibiotic growth promoters in animal feed: from challenges to opportunities. **The Veterinary Journal**, v. 187, n. 2, p. 143 - 144, 2011.

MORALES-BARRERA, J.E.; GONZALEZ-ALCORTA, M.J.; CASTILLO-DOMINGUEZ, R.M.; PRADO-REBOLLEDO, O.F.; HERNANDEZ-VELASCO, X.; MENCONI, A.; TELLEZ, G.; HARGIS, B.M.; CARRILLO-DOMINGUEZ, S. Fatty Acid Deposition on Broiler Meat in Chickens Supplemented with Tuna Oil. **Food and Nutrition Sciences**, v. 4, p. 16-20, 2013.

MORRISSEY, P.A., SHEEHY, P. J., GALVIN, K., KERRY, J.P., BUCKLEY, D.J. Lipid stability in meat and meat products. **Meat Science**, v.49, p.73-86, 1998.

RIZZO, P.V.; MENTEN, J.F.M.; RACANICCI, A.M.C.; TRALDI, A.B.; SILVA, C.S.; PEREIRA, P.W.Z. Extratos vegetais em dietas para frangos de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, n.4, p.801-807, 2010.

SCHILEVERT, P.M., PETERSON, M.L. Glycerol monolaurate antibacterial activity in broth and biofilm cultures. **PLoS One**, 7, 2012.

SCHLIEVERT, P. M.; J. R. DERINGER, M. H. KIM; S. J. PROJAN, AND R. P. NOVICK. Effect of glycerol monolaurate on bacterial growth and toxin production. **Antimicrobial Agents of Chemotherapy**. v.36, p.626–631, 1992.

SNOECK, S.; VAN DER WOLF, P.J.; SWART, W.; HEIJMAN, E.; EBBING, B. The effect of the application of mono-lauric acid with glycerol mono-laurate in weaned piglets, on the use of antimicrobials in sow herds, **In: Ninth International Conference on the Epidemiology and Control of Biological, Chemical and Physical Hazards in Pigs and Pork**, 2011.

SOJICA, B.; PAVLICA, B.; ZEKOVICA, Z.; TOMOVICA, V.; IKONICB, P.; KOCIC-TANACKOVA, S.; DZINICA, N. The effect of essential oil and extract from sage (*Salvia officinalis* L.) herbal dust (food industry by-product) on the oxidative and microbiological stability of fresh pork sausages. **Food Science and Technology**, v. 89, p.749–755, 2018.

SOUSA, M.S.B; VIEIRA, L.M; SILVA, M.J.M; LIMA, A. Caracterização nutricional e compostos antioxidantes em resíduos de polpas de frutas tropicais. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 35, p. 554-559, 2011.

THORMAR, H.; ISAACS, C.E.; BROWN, H.R.; BARSHATZKY, M.R.; PESSOLANO, T. Inactivation of enveloped viruses and killing of cells by fatty acids and monoglycerides. **Antimicrobial Agents of Chemotherapy**. v.31, p.27–31, 1987.

TOGHYANI, M.; GHEISARI, A.; GHALAMKARI, G.; EGHBALESAIED, S. Evaluation of cinnamon and garlic as antibiotic growth promoter substitutions on performance, immune responses, serum biochemical and haematological parameters in broiler chicks. **Livest Science**, v.138, p.167-173, 2011.

VAN HORNE, P. Competitiveness of the EU poultry meat sector. LEI Wageningen UR, 2017.

VETTER, S.; TRIPP, T.J.; SCHLIEVERT, P.M. Glycerol monolaurate inhibits virulence factor production in *Bacillus anthracis*. **Antimicrobial Agents of Chemotherapy**. v.49, p.1302–1305, 2005.

WATI, T.; GHOSH, T.; SYED, B.; HALDAR, S. Comparative efficacy of a phytogenic feed additive and an antibiotic growth promoter on production performance, caecal microbial population and humoral immune response of broiler chickens inoculated with enteric pathogens. **Animal Nutrition**, v.1, p. 213–219, 2015.

YOON, B.K.; JACKMAN, J.A.; VALLE-GONZÁLEZ, E.R.; CHO, N. Antibacterial Free Fatty Acids and Monoglycerides: Biological Activities, Experimental Testing, and Therapeutic Applications. **International Journal of Molecular Science**, v.19, p.1114-1154, 2018.

YUNES, J. F. F. **Avaliação dos efeitos da adição de óleos vegetais como substitutos de gordura animal em mortadela**. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal de Santa Maria, 103f. 2010.

ZAVARIZE KC, MENTEN JFM, TRALDI AB, SANTAROSA J, SILVA CLS. Utilização de glutamina na nutrição de monogástricos. **Revista Portuguesa de Ciências Veterinárias**, v.109, p.573-576, 2010.

ANEXO



**Comissão de Ética no
Uso de Animais**

CERTIFICADO

Certificamos que a proposta intitulada "Uso do monolaurato de glicerol (ácido láurico) como aditivo substituinte de antibiótico na ração de frangos de corte", protocolada sob o CEUA nº 1591200317 (ID 000324), sob a responsabilidade de **Aleksandro Schafer da Silva** - que envolve a produção, manutenção e/ou utilização de animais pertencentes ao filo Chordata, subfilo Vertebrata (exceto o homem), para fins de pesquisa científica ou ensino - está de acordo com os preceitos da Lei 11.794 de 8 de outubro de 2008, com o Decreto 6.899 de 15 de julho de 2009, bem como com as normas editadas pelo Conselho Nacional de Controle da Experimentação Animal (CONCEA), e foi **aprovada** pela Comissão de Ética no Uso de Animais da Universidade do Estado de Santa Catarina (CEUA/UDESC) na reunião de 26/05/2017.

We certify that the proposal "Use of glycerol monolaurate (lauric acid) as an antibiotic substitute additive in broiler ration", utilizing 240 Birds (240 males), protocol number CEUA 1591200317 (ID 000324), under the responsibility of **Aleksandro Schafer da Silva** - which involves the production, maintenance and/or use of animals belonging to the phylum Chordata, subphylum Vertebrata (except human beings), for scientific research purposes or teaching - is in accordance with Law 11.794 of October 8, 2008, Decree 6899 of July 15, 2009, as well as with the rules issued by the National Council for Control of Animal Experimentation (CONCEA), and was **approved** by the Ethic Committee on Animal Use of the University of Santa Catarina State (CEUA/UDESC) in the meeting of 05/26/2017.

Finalidade da Proposta: **Pesquisa (Acadêmica)**

Vigência da Proposta: de **08/2017 a 07/2018** Área: **Zootecnia**

Origem: **Animais provenientes de doação espontânea**

Espécie: **Aves**

sexo: **Machos**

idade: **1 a 35 dias**

N: **240**

Linhagem: **coob**

Peso: **25 a 1500 g**

Local do experimento: Em galpão experimental na UDESC Oeste. Bairro Santo Antonio, Chapecó.

Lages, 25 de agosto de 2019

Marcia Regina Pfuetzenreiter
Coordenadora da Comissão de Ética no Uso de Animais
Universidade do Estado de Santa Catarina

Prof. Dr. Ubirajara Maciel da Costa
Vice-Coordenador da Comissão de Ética no Uso de Animais
Universidade do Estado de Santa Catarina