

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
FACULDADE DE AGRONOMIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

**Efeito do ácido linoleico conjugado (CLA) dietético no desempenho,
características de carcaça e perfil lipídico de carne de frangos de corte**

KÁTIA MARIA CARDINAL
Zootecnista/UFSM

Dissertação apresentada como um dos requisitos à obtenção do Grau de
Mestre em Zootecnia - Área de Concentração Produção Animal

Porto Alegre (RS), Brasil

Março de 2016

CIP - Catalogação na Publicação

Cardinal, Kátia Maria
Efeito do Ácido Linoleico Conjugado (CLA)
dietético no desempenho, característica de carcaça e
perfil lipídico de carne de frangos de corte / Kátia
Maria Cardinal. -- 2016.
71 f.

Orientadora: Andréa Machado Leal Ribeiro.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal do
Rio Grande do Sul, Faculdade de Agronomia, Programa
de Pós-Graduação em Zootecnia, Porto Alegre, BR-RS,
2016.

1. Frangos de Corte. 2. Ácido Linoleico
Conjugado. 3. Desempenho. 4. Perfil Lipídico. I.
Machado Leal Ribeiro, Andréa , orient. II. Título.

Elaborada pelo Sistema de Geração Automática de Ficha Catalográfica da UFRGS com os
dados fornecidos pelo(a) autor(a).

KÁTIA MARIA CARDINAL
Zootecnista

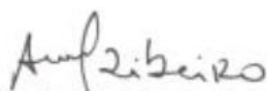
DISSERTAÇÃO

Submetida como parte dos requisitos
para obtenção do Grau de

MESTRE EM ZOOTECNIA

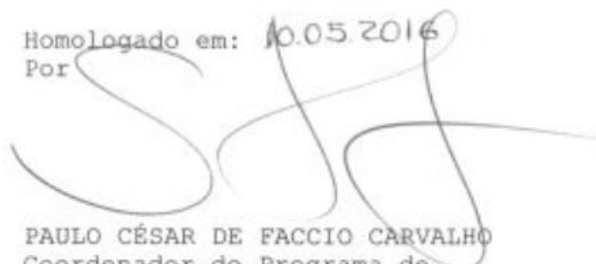
Programa de Pós-Graduação em Zootecnia
Faculdade de Agronomia
Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Porto Alegre (RS), Brasil

Aprovado em: 16.03.2016
Pela Banca Examinadora



ANDRÉA MACHADO LEAL RIBEIRO
PPG Zootecnia/UFRGS
Orientador

Homologado em: 10.05.2016
Por



PAULO CÉSAR DE FACCIO CARVALHO
Coordenador do Programa de
Pós-Graduação em Zootecnia



INES ANDRETTA
PPG Zootecnia/UFRGS



LUCIANO TREVIZAN
PPG Zootecnia/UFRGS



FÉLIX H. DIAZ GONZÁLEZ
UFRGS



PEDRO ALBERTO SELBACH
Diretor da Faculdade de Agronomia

DEDICO

Aos meus pais Mirta B. Cardinal e Cireno Cardinal

À minha irmã Scheyla M. Cardinal

Ao meu namorado João Luiz B. Costa

OFEREÇO

À minha professora, orientadora e amiga Andréa M.L. Ribeiro

AGRADECIMENTOS

“Gracias a la vida que me ha dado tanto”.

Aos meus pais e irmã que sempre me incentivaram ao estudo, que me deram suporte emocional, financeiro e até mesmo jurídico para que eu realizasse o curso de mestrado. Agradeço todos os dias, não somente aqui, por eles nunca terem desistido de mim e sempre terem apostado nos meus sonhos junto comigo.

Ao meu namorado que está ao meu lado dia após dia, que me incentiva, escuta e presencia minhas felicidades e tristezas.

À Profa. Andréa, professora inigualável, mais que agradecer pelo tempo e paciência dedicados a me orientar e transferir seu conhecimento, agradeço pela amizade sincera, carinho e atenção nesse período.

À Mariana Moraes pela confiança, oportunidade, ensinamentos e amizade.

Aos integrantes do grupo/família LEZO que estão sempre dispostos a ajudar, a conversar, a trocar ideias e que fizeram essa dissertação acontecer. Aos Professores que sempre estiveram presentes e dispostos a esclarecer as minhas inúmeras dúvidas.

Aos meus poucos e excelentes amigos que estão sempre comigo e alegam os meus dias em Porto Alegre ou em Santa Maria.

À UFRGS, ao PPGZ, ao CNPq e à CAPES pela estrutura, qualidade de ensino e auxílio financeiro que possibilitaram a realização do projeto.

"Quando o mundo estiver unido na busca do conhecimento, e não mais lutando por dinheiro e poder, então nossa sociedade poderá enfim evoluir a um novo nível."

EFEITO DO ÁCIDO LINOLEICO CONJUGADO (CLA) DIETÉTICO NO DESEMPENHO, CARACTERÍSTICAS DE CARÇAÇA E PERFIL LIPÍDICO DE CARNE DE FRANGOS DE CORTE¹

Autor: Kátia Maria Cardinal

Orientador: Andréa Machado Leal Ribeiro

RESUMO

O CLA está sendo objeto de estudo em diversos modelos animais, pois a ele foram atribuídas características como a capacidade de redução do percentual de gordura e alterações no perfil lipídico, e devido a estas características o CLA se torna desejável na nutrição de frangos de corte. O objetivo deste estudo foi avaliar o efeito de três níveis de inclusão dietética de ácido linoleico conjugado (CLA) na carcaça e desempenho (consumo de ração, ganho de peso e conversão alimentar) de frangos de corte. Quatrocentos e cinco frangos foram criados de 1 a 42 dias, alojados em uma sala experimental com água e comida *ad libitum*. O delineamento experimental foi completamente casualizado, consistindo de três tratamentos (0,0; 0,5 e 1% de CLA) com 9 repetições para análise de desempenho, 18 repetições para análise de composição de carcaça e 5 repetições para análise de perfil de ácidos graxos. Os dados de desempenho foram calculados semanalmente. Aos 42 dias, 18 frangos por tratamento foram sacrificados para avaliação de rendimento de peito e perna, quantificação de proteína e gordura da perna e quantificação e determinação do perfil lipídico do mesmo corte. Os dados foram analisados por ANOVA e as médias comparadas por Lsmeans ($P < 0,05$). De 1 a 21 dias os frangos com 0% de CLA obtiveram melhor desempenho comparado aos que receberam 0,5 e 1% de CLA ($P < 0,05$); dos 22 a 42 e de 1 a 42 dias não foram observadas diferenças entre os tratamentos ($P > 0,05$). Também não foram observadas diferenças para rendimento de cortes comerciais e para concentração de proteína e gordura da perna. No entanto, o perfil lipídico de perna foi alterado, houve acúmulo crescente de CLA na carne de acordo com a inclusão na dieta ($P < 0,05$), com aumento da incorporação de ácidos graxos saturados e redução dos poli-insaturados. O desempenho dos frangos não foi afetado no período total de criação (1-42 dias), assim como rendimento de peito e perna e quantidade de proteína e gordura de perna. A suplementação de CLA foi efetiva para produzir carne enriquecida com seus isômeros, porém, o CLA

¹ Dissertação de Mestrado em Zootecnia – Produção Animal, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil (69 pg.), Março de 2016.

aumentou a quantidade de ácidos graxos saturados na carne, desta forma aumentando a relação n-6:n-3 e reduzindo a relação ácidos graxos poli-insaturados:saturados.

EFFECT OF DIETARY CONJUGATED LINOLENIC ACID (CLA) ON GROWTH PERFORMANCE, CARCASS TRAITS AND MEAT FATTY ACID PROFILE¹

Author: Kátia Maria Cardinal

Adviser: Profa. Andréa Machado Leal Ribeiro

ABSTRACT

The CLA has been studied in several animal models because were attributed to it characteristics such as the capacity of fat reduction and changes in lipid profile, and because of these characteristics CLA becomes desirable in broiler nutrition. The aim of this study was to evaluate the effect of three levels of dietary inclusion of conjugated linoleic acid (CLA) on the carcass and performance of broilers. Four hundred and five chickens were raised from 1 to 42 days, housed in an experimental room with water and food *ad libitum*. The experimental design was completely randomized, consisting of three treatments (0.0, 0.5 and 1% CLA) with 9 replications to performance analysis, 18 replications to carcass composition, 5 replication to lipid profile. The performance data were calculated every week. After 42 days, 18 birds per treatment were euthanized for breast and leg yield, quantification of protein and fat leg and quantification and determination of lipid profile of the same section. Data were analyzed by ANOVA and means compared by Lsmeans. From 1 to 21 days the chickens with 0% CLA performed better compared to those receiving 0.5 and 1% CLA ($P < 0.05$) and in 22 to 42 and 1 to 42 days periods there were no differences ($P > 0.05$). No differences were observed for commercial crosses and protein and fat leg. The lipid profile leg has changed, there was increased accumulation of CLA in meat ($P < 0.05$), increased levels of saturated fatty acids and reduction of polyunsaturated. It can be concluded that CLA supplementation is effective to produce meat enriched with its isomers. The broiler performance was not affected in total rearing period (1-42 days) as well as the leg and breast meat yield and amount of protein and fat leg. The CLA has modified fatty acid profile, increasing n-6: n-3 ratio and reducing polyunsaturated: saturated ratio

¹Master of Science dissertation in Animal Science, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brazil (69 pg.), March, 2016

SUMÁRIO

| | |
|---|----|
| CAPÍTULO I | 12 |
| 1. INTRODUÇÃO | 13 |
| 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA | 14 |
| 2.1 Alimentação e alimentos funcionais | 14 |
| 2.2 Síntese de ácidos graxos insaturados | 15 |
| 2.3 Considerações sobre o Ácido linoleico conjugado (CLA) | 17 |
| 2.4 Benefícios do ácido linoleico conjugado | 18 |
| 2.5 Ácido linoleico conjugado na produção de frangos de corte | 20 |
| 2.6 Ácidos graxos na saúde humana | 21 |
| 3. HIPÓTESES E OBJETIVOS | 23 |
| CAPÍTULO II* | 24 |
| ABSTRACT | 27 |
| INTRODUÇÃO | 28 |
| MATERIAL E MÉTODOS | 29 |
| RESULTADOS E DISCUSSÃO | 32 |
| CONCLUSÕES | 36 |
| REFERÊNCIAS | 37 |
| CAPÍTULO III | 49 |
| 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS | 50 |
| 5. REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA | 51 |
| APÊNDICE I | 59 |

LISTA DE TABELAS

CAPITULO I

| | |
|--|----|
| Tabela 1 - Síntese dos ácidos graxos da família n-3 e n-6..... | 17 |
| Erro! Indicador não definido. Erro! Indicador não definido. | |

CAPITULO II

| | |
|---|----|
| Tabela 1 - Composição de ingredientes e níveis nutricionais das dietas experimentais fornecidas para frangos de corte recebendo diferentes níveis de inclusão de CLA (0,0,5 ou 1%)..... | 41 |
| Tabela 2 - Desempenho de frangos de corte recebendo diferentes níveis de CLA de 1 a 42 dias | 42 |
| Tabela 3 - Rendimento, composição e perfil de ácidos graxos na carcaça de frangos de corte suplementados com diferentes níveis de CLA de 1 a 42 dias..... | 43 |
| Tabela 4 - Perfil de ácidos graxos da perna de frangos de corte de 42 dias de idade recebendo diferentes níveis de ácido linoleico conjugado (CLA) na dieta..... | 44 |

LISTA DE FIGURAS**CAPITULO I**

| | | |
|------------|--|----|
| FIGURA 1 - | Isômeros do ácido linoleico conjugado, <i>cis</i> -9, <i>trans</i> -11 e <i>trans</i> -10, <i>cis</i> -12..... | 12 |
| FIGURA 2 - | Esquema da produção de CLA em bovinos..... | 16 |

LISTA DE ABREVIATURAS

| | |
|--------|--|
| ANVISA | Agência Nacional de Vigilância Sanitária |
| CA | Conversão alimentar |
| CLA | Ácido linoleico conjugado |
| CR | Consumo de ração |
| DD | Dias de idade |
| DHA | Docosahexaenóico |
| EPA | Eicosapentaenóico |
| FAME | Éster metílico de ácido graxo |
| FAO | Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura |
| FNB | Fundação Náutica de Brasília |
| GP | Ganho de peso |
| HDL | Lipoproteína de alta densidade |
| LDL | Lipoproteína de baixa densidade |
| ME | Energia metabolizável |
| MUFA | Ácido graxo monoinsaturado |
| PM | Peso médio |
| PPAR | Receptor ativado por proliferador de peroxissomo |
| PUFA | Ácido graxo poli-insaturado |
| SAS | Sistema de análise estatística |
| SFA | Ácido graxo saturado |

CAPÍTULO I

1. INTRODUÇÃO

O ácido linoléico conjugado (CLA), denominação que abrange um conjunto de isômeros posicionais e geométricos do ácido linoléico (18:2), tem sido objeto de estudo devido a evidências de seus benefícios à saúde de diversas espécies. Os efeitos observados mostram o CLA como potencializador da mineralização óssea, modulação do sistema imune, atuando na redução do risco de falha cardiovascular e de alguns tipos de câncer. Dentre as diversas moléculas que possuem esta característica, os isômeros *cis*-9, *trans*-11 e *trans*-10, *cis*-12 (Figura 1) destacam-se (Hayashi, 2003).

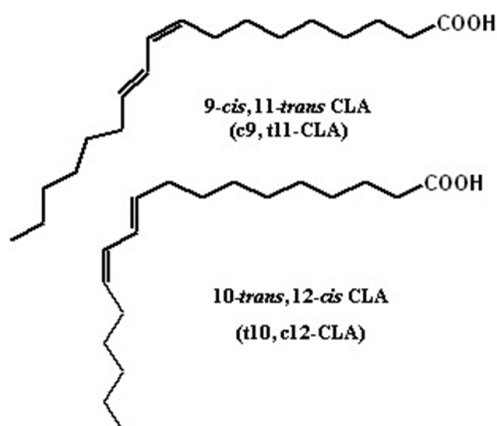


Figura 1- Isômeros do ácido linoleico conjugado, *cis*-9, *trans*-11 e *trans*-10, *cis*-12

O CLA tem sido citado por diminuir a concentração de gordura corporal em várias espécies, inclusive em frangos de corte (Suksombat et al., 2007). De acordo com Hayashi (2003), foram propostos vários mecanismos para explicar a influência do CLA, especialmente o isômero *trans*-10, *cis*-12, na redução e modificação no conteúdo de lipídios na carcaça. Essa capacidade do CLA de alterar o metabolismo lipídico é de especial interesse do ponto de vista zootécnico, seja pela redução da gordura na carne, seja pela produção de carne com componentes específicos, benéficos à saúde, considerando que a composição lipídica da dieta pode afetar o perfil de ácidos graxos depositados.

Diante dessas considerações, a finalidade deste estudo foi avaliar o desempenho de frangos de corte submetidos a diferentes níveis de suplementação dietética de CLA, analisar alterações na relação de proteína e gordura da carne e quantificar a deposição de CLA em cortes comerciais.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Alimentação e alimentos funcionais

A sociedade moderna tem se tornado cada vez mais complexa. Conforme a população humana evolui, ocorrem mudanças nos padrões alimentares das pessoas. Estas modificações sofrem um processo histórico, semelhante nas várias regiões do mundo, relacionadas com o desenvolvimento econômico, cultural e demográfico, porém obedecem a um certo padrão de mudanças que podem ser resumidas em cinco fases: pré-história, agricultura e criação de animais, revolução industrial, revolução tecnológica e mudanças comportamentais (Popkin, 1993). É possível afirmar que o consumo de alimentos no Brasil encontra-se entre as duas últimas fases: parte da população urbana está na fase de apresentar mudanças comportamentais, que compreende consumir menor quantidade de gorduras, reduzir a relação n-6:n-3, aumentar a ingestão de carboidratos complexos, frutas e verduras, visando melhor qualidade de vida, enquanto outra parte da população está na fase da revolução tecnológica, com o aumento do consumo de gorduras, alta relação n-6:n-3 a partir da ingestão excessiva de alimentos ricos em ácidos graxos da família n-6 e baixa ingestão de ácidos graxos da família n-3, ingestão de alimentos processados e de açúcares refinados (Pedraza, 2004). Estes últimos são considerados hábitos alimentares inadequados e estão relacionados à ocorrência de sobrepeso, obesidade e doenças crônicas, como a hipertensão, doenças cardiovasculares, diabetes mellitus, cânceres e dislipidemias (Fernandes et al., 2011).

Na década de 80, o Japão lançou uma nova concepção de alimentos, através de um programa do governo que tinha como objetivo desenvolver “alimentos funcionais”, ou seja, alimentos saudáveis para uma população que envelhecia e apresentava uma grande expectativa de vida (Anjo, 2004). Esta inovação passou a ser uma realidade mundial e são inúmeros os fatores que têm contribuído para o desenvolvimento de alimentos funcionais, entre eles o aumento da consciência dos consumidores, classificados na fase de “mudanças comportamentais”, que desejando melhorar a qualidade de suas vidas optam por hábitos alimentares saudáveis (Moraes & Colla, 2006).

Um alimento pode ser considerado funcional se for demonstrado que este pode afetar de forma positiva uma ou mais funções alvo no corpo, de maneira que seja relevante tanto para o bem-estar e a saúde quanto para a redução do risco de doenças (Roberfroid, 2002). Os alimentos funcionais são alimentos que possibilitam combinar produtos comestíveis com moléculas biologicamente ativas, como estratégia para corrigir distúrbios metabólicos (Walzem, 2004). Segundo Roberfroid et al., (2002), alimentos funcionais devem apresentar as seguintes características: (1) devem ser alimentos convencionais e ser consumidos na dieta usual; (2) devem ser compostos por componentes naturais, algumas vezes em elevada concentração; (3) devem ter efeitos positivos além do valor básico nutritivo, que podem aumentar o bem-estar e a saúde e/ou reduzir o risco de ocorrência de doenças, incluindo os desempenhos físico, psicológico e comportamental; (4) a alegação da propriedade funcional

deve ter embasamento científico; (5) podem ser alimentos naturais ou alimentos nos quais um componente tenha sido removido ou adicionado.

O Comitê de Alimentos e Nutrição do Instituto de Medicina da FNB (Federação Náutica de Brasília) define alimentos funcionais como qualquer alimento ou ingrediente que possa proporcionar um benefício à saúde, além dos nutrientes tradicionais que eles contêm (Moraes & Colla, 2006). Dentro dos alimentos funcionais encontram-se os pré-bióticos e pró-bióticos, alimentos sulfurados e nitrogenados, vitaminas antioxidantes, compostos fenólicos, fibras e ácidos graxos poli-insaturados (Hasler, 1998).

2.2 Síntese de ácidos graxos insaturados

Os lipídeos do tecido adiposo podem sofrer alterações devido a genética, idade, condições ambientais e fatores nutricionais do animal (Wanderlei et al., 2013; Lu, et al., 2007; Sanz et al., 2000). Os ácidos graxos que se depositarão nos tecidos podem ter origem exógena (dieta) ou endógena (síntese de novo) e a quantidade depositada dos ácidos graxos será influenciada pelo balanço entre estas duas origens. Também é necessário ter em vista que os ácidos graxos dietéticos não são incorporados apenas aos tecidos de depósito de gordura dos animais, mas também aos tecidos que são ricos fosfolipídeos (Cherian & Sim, 1992).

Os ácidos graxos sintetizados de forma endógena são formados a partir de uma sequência de reações repetitivas composta de quatro passos, sendo eles a condensação, redução do grupo carbonila, desidratação e redução de duplas ligações. O grupo acila saturado, formado durante estes processos, se transforma no substrato de uma nova condensação com um grupo malonil. Cada vez que ocorre a passagem pelo ciclo há o aumento de 2 carbonos nesta cadeia, até chegar ao número de 16 carbonos, quando ocorre o abandono do ciclo. O ácido graxo de 16 carbonos é uma molécula completamente saturada, denominada palmitato, que pode ser alongada ou dessaturada através de processos enzimáticos distintos para a formação de outros ácidos graxos (Lehninger et al., 2014). A introdução de uma dupla ligação no carbono de posição 9 ou 7 é catalisada pela enzima $\Delta 9$ dessaturase que converte ácido esteárico em ácido oleico ou ácido palmítico em palmitoléico (Calder, 1997).

Os ácidos graxos n-3 e n-6 não podem ser sintetizados em mamíferos porque suas células não possuem as enzimas dessaturases $\Delta 12$ e $\Delta 15$, que são necessárias para inserção de uma dupla ligação nas posições n-3 e n-6 (Innis, 1991; Sprecher, 1992), assim como de enzimas hidrogenases que são capazes de remover tais insaturações. Esses ácidos graxos são sintetizados exclusivamente pelo reino vegetal, dessa forma os ácidos graxos linoléico e alfa-linolênico são essenciais para animais e humanos, ou seja, é necessário que sejam suplementados na dieta, e através deles são sintetizados os demais ácidos graxos da família n-6 e n-3 pelos processos de alongação e dessaturação de cadeia pelas enzimas $\Delta 5$ e $\Delta 6$ desaturases. As rotas metabólicas estão sumarizadas na Tabela 1, sendo enfatizado a dessaturação e alongação das cadeias dos ácidos graxos essenciais.

Tabela 1 – Síntese dos ácidos graxos da família n-3 e n-6 **Erro! Indicador não definido. Erro! Indicador não definido.**

| Ácidos graxos n-6 | Enzima* | Ácidos Graxos n-3 |
|------------------------------|------------------------|-----------------------------|
| Linoléico (18:2) | | Alfa-Linolênico (18:3) |
| ↓ | $\Delta 6$ dessaturase | ↓ |
| Gama-Linolênico (18:3) | | Octadecatetraenóico (18:4) |
| ↓ | Elongase | ↓ |
| Dihomo-gama-linoléico (20:3) | | Eicosatetraenóico (20:4) |
| ↓ | $\Delta 5$ dessaturase | ↓ |
| Araquidônico (20:4) | | Eicosapentaenóico (20:5) |
| ↓ | Elongase | ↓ |
| Adrenico (22:4) | | Docosapentaenóico (22:5) |
| ↓ | Elongase | ↓ |
| Tetracosatetraenóico (24:4) | | Tetracosapentaenóico (24:5) |
| ↓ | $\Delta 6$ dessaturase | ↓ |
| Tetracosapentaenóico (24:5) | | Tetrahexaenóico (24:6) |
| ↓ | Beta Oxidação Parcial | ↓ |
| Docosapentaenóico (22:5) | | Docosahexaenóico (22:6) |

*Enzimas comuns às duas rotas metabólicas.

Os ácidos graxos n-3 e n-6 competem entre si por enzimas dessaturases, que apresentam maior afinidade para os substratos de maior insaturação, por enzimas elongases e pelas acil transferases, envolvidas na formação dos fosfolípidos. A existência de tais competições interfere no metabolismo de outros ácidos graxos (Schaefer, 2002). Em células animais, o alfa-linolênico pode ser convertido em ácido eicosapentaenóico (EPA) e docosahexaenóico (DHA). O ácido linoléico dietético é convertido em gama-linolênico e após em ácido araquidônico. Se houver excesso de ácido linoleico dietético a transformação do alfa-linolênico em seus derivados, EPA e DHA é prejudicada, em virtude de que há concorrência destes ácidos graxos com afinidade pela enzima $\Delta 6$ dessaturase, que escalona a preferência pelo substrato de acordo com a ordem: alfa-linolênico, ácido linoleico e ácido oleico (Duarte et al., 2010).

O ácido linoleico conjugado (CLA) tem capacidade de interferir no metabolismo de lípidios, tanto utilizando a rota metabólica do ácido oléico para

se acumular nos tecidos, quanto sendo metabolizado na mesma via do ácido linoléico, desse modo influenciando a dessaturação e alongamento dos demais ácidos graxos (Carta et al., 2002).

2.3 Considerações sobre o Ácido linoleico conjugado (CLA)

O ácido linoleico conjugado CLA é um ácido graxo poli-insaturado e representa uma mistura de isômeros posicionais e geométricos com duplas ligações conjugadas do ácido octadecadienóico – C18:2 (Pariza et al., 2001, Gouvêa et al., 2012). O termo “CLA” é usado como coletivo para todos os isômeros conhecidos que possuem duplas ligações com um carbono simples entre elas ao invés da separação por um radical orgânico equivalente (Schmid et al., 2006).

As duplas ligações podem ser configuradas como *trans* ou *cis*, estando presente em diversas variações de isômeros, definidas pela posição que ocupam e suas geometrias (Martin & Valleile, 2002). Dentre as diversas moléculas que possuem esta característica, os isômeros *cis*-9, *trans*-11 e *trans*-10, *cis*-12 se destacam devido aos efeitos biológicos identificados (Hayashi et al., 2003; Wallace et al., 2007; Kennedy et al., 2010).

A concentração do CLA na carne bovina e de outros ruminantes é superior comparada a de outros animais porque este ácido graxo é produzido a partir da biohidrogenação ruminal do ácido linoleico (Figura 2) (Harfoot & Hazlewood, 1997). O produto intermediário da biohidrogenação atravessa a parede do rúmen indo para corrente sanguínea e é utilizado na síntese de lipídeos nos tecidos mamários e adiposo, onde o CLA é depositado (Ladeira et al., 2008). Animais não ruminantes em geral contêm baixa concentração de CLA, no entanto a deposição deste, tanto em ruminantes quanto em não ruminantes, pode ser alterada através da suplementação na dieta (Mir et al., 2000).

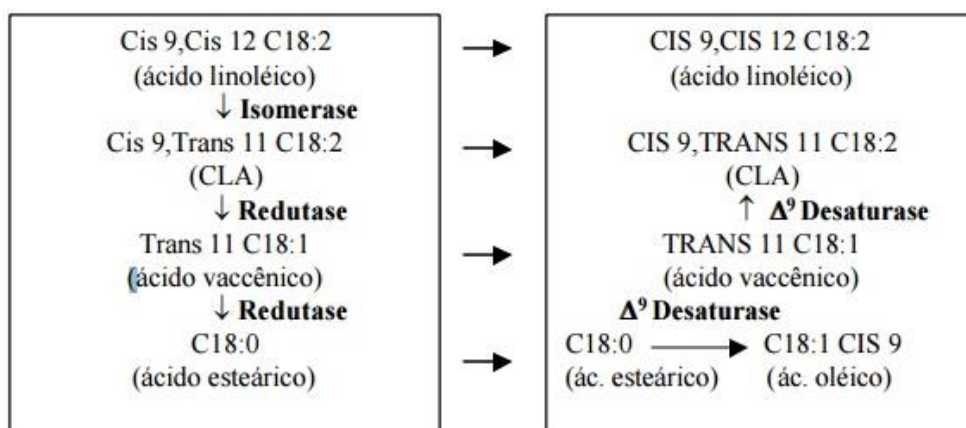


Figura 2 – Esquema da produção de CLA em bovinos. Os passos do quadro à esquerda ocorrem no rúmen e os da direita ocorrem na glândula mamária ou tecido adiposo (letras das configurações em maiúsculas). Figura adaptada de Bauman & Griinari (2001).

Comercialmente, o CLA é produzido a partir da isomerização alcalina de óleos ricos em ácido linoleico. O CLA sintético mais utilizado atualmente advém de uma mistura de isômeros com cerca de 40-45% dos isômeros *cis*-9, *trans*-11 e *trans*-10, *cis*-12, em níveis iguais (Bhattacharya et al., 2006).

Nos alimentos, o isômero *cis*-9, *trans*-11 é a forma predominante, sendo encontrado no leite e produtos derivados em concentração de 75 a 90% do CLA total (Gouvêa et al., 2012), enquanto o isômero *trans*-10, *cis*-12 representa cerca de 10% (Tonhati et al., 2011). Na carne bovina o isômero *cis*-9, *trans*-11 encontra-se em menor quantidade comparado ao leite, com concentração de cerca de 57 a 85% do CLA total (Medeiros et al., 2010).

O interesse em pesquisar as potencialidades biológicas do CLA começou com a descoberta de propriedades anticarcinogênicas de extratos de carne bovina por Pariza & Hargraves (1985). Desde então, o CLA tem sido objeto de muitas pesquisas, destacando-se em função de seus benefícios na saúde humana.

2.4 Benefícios do ácido linoleico conjugado

O estilo de vida da população mundial mudou no decorrer dos anos. Houve o aumento da ingestão de alimentos calóricos com elevado teor de gordura e também a redução de atividades físicas. Esses fatores associados podem acarretar o desenvolvimento de doenças como a aterosclerose, obesidade, hipertensão, entre outras (Fernandes et al., 2011). Diante disso, houve o interesse dos consumidores por alimentos com características nutricionais que possam fornecer substâncias benéficas à saúde (Oliveira et al., 2008). Padilha e Pinheiro et al., (2004) relataram que o CLA inibiu o crescimento de células neoplásicas da mama, e Belury et al., (2002) observaram a redução e/ou retardamento no início de tumores quimicamente induzidos em órgãos como pele, estômago e glândulas mamárias de ratas.

Apesar dos estudos evidenciando efeitos anticarcinogênicos do CLA, os isômeros estudados separadamente apresentam resultados contraditórios. Estudos *in vitro* usando os isômeros *cis*-9, *trans*-11 e *trans*-10, *cis*-12 demonstraram que o CLA exerce efeito anticarcinogênico em células humanas (Chujo et al., 2003) e de ratas (IP et al., 2002) independentemente do isômero utilizado. Em estudos *in vivo*, suplementando ratas com até 1% de CLA em mistura de 50% de cada isômero ou separadamente, foi observada redução das primeiras lesões de câncer e número de tumores (Voorrips et al., 2002;). De forma contrária, Lavillonniere et al., (2003) suplementando 1% de CLA nas dietas de ratos, observaram que o isômero *trans*-10, *cis*-12 aumentou o número de adenomas em tumores de cólon, porém o efeito não foi observado em relação ao isômero *cis*-9, *tras*-11. O aumento da hiperplasia lobular também foi relacionado ao isômero *trans*-10, *cis*-12, acelerando o desenvolvimento de tumores mamários em ratas geneticamente modificadas quando suplementadas com 0,5% de CLA (Chen et al., 2003).

Um dos mecanismos pelo qual o CLA pode exercer o poder anticarcinogêncio é pela modulação dos receptores ativado por proliferador de

peroxissoma (PPARs), que é um grupo de proteínas que funciona como fator de transcrição que regula a expressão dos genes e desempenha papel essencial na diferenciação e proliferação celular (Michalic et al., 2006) Foi demonstrado que o CLA é ativador dos PPAR alfa (Miranda et al., 2011) e PPAR gama (Yuan et al., 2015), sendo que o PPAR gama induz a apoptose e inibe a proliferação de câncer de próstata, mama e cólon (Tontonoz et al., 2008; Mueller et al., 1998; Sarraf et al., 1999).

Afora os efeitos descritos acima, Eder & Ringseis (2010) observaram que o CLA age de forma a inibir inflamações e ser mediador vasoativo, atuando nas células vasculares endoteliais nos estágios iniciais da aterosclerose e nas células do músculo liso, em quadros mais avançados da doença em humanos (Ringseis et al., 2006).

O CLA também está associado a redução da obesidade. O primeiro trabalho a relatar tal propriedade foi o de Park et al., (1997), que demonstrou em camundongos suplementados com 0,5% de CLA durante 28 e 32 dias, redução de cerca de 60% da gordura corporal. Pouco tempo depois o mesmo grupo demonstrou que o isômero de CLA responsável pela redução da gordura corporal é o *trans*-10, *cis*-12 (Park et al., 1999). Os resultados positivos para redução de gordura também foram vistos em humanos. Dois estudos feitos com suplementação de CLA em pessoas que mantêm atividade física regular (1,8 g/dia de CLA) e em obesos (1,7; 3,4; 5,1 e 6,8 g/dia de CLA) durante 12 semanas, relataram a redução de gordura corporal, afetando significativamente o peso corporal (Thom et al., 2001; Blankson et al., 2000). No trabalho de Wang et al., (2004), o isômero *trans*-10, *cis*-12 mostrou-se envolvido na redução da gordura corporal, já o isômero *cis*-9, *trans*-11 não mostrou o mesmo efeito. Os autores sugerem que o primeiro age reduzindo a quantidade de triglicerídeos hepáticos e a concentração do colesterol, concomitantemente com a redução dos níveis hepáticos de ácido graxo sintetase.

São muitas as hipóteses para explicar a ação do CLA sobre as gorduras. Estudos sugerem que o CLA aumenta o gasto energético pelo aumento do consumo de oxigênio (Choi et al., 2004), com aumento da expressão de proteínas desacopladoras (Ryder, 2001). Também é sugerido que o CLA reduz o número de adipócitos, inibindo a lipoproteína lipase em células adiposas e a atividade de estearoil - CoA dessaturase, refoçando a apoptose de adipócitos e modulando a lipólise (Park et al., 2004; Lin et al., 2001, Hargrave et al., 2004, Storkson et al., 2005). Foi observado que o CLA inibe a expressão de genes envolvidos na diferenciação dos pré-adipócitos em adipócitos maduros, ou seja, a inibição da expressão de tais genes resulta na redução da lipogênese. Brodie et al. (1999), Choi et al. (2000), Takahashi et al. (2002) e Kang et al. (2003), trabalhando com culturas de pré-adipócitos 3T3-L1 e adipócitos humanos, demonstram que o CLA inibe a ativação de fatores de transcrição que controlam a expressão de genes codificantes das proteínas C/EBPa, SCD e GLUT4, todas envolvidas no processo de diferenciação de células adiposas. Também é sugerido que o CLA atua na redução do tamanho das células adiposas. Considerando que o tamanho da célula adiposa está diretamente relacionado com o conteúdo de triacilgliceróis em seu interior, a redução deste, induzida pelo

CLA, resultaria na diminuição do tamanho da célula (Sisk et al., 2001; Azain et al., 2000; Brow et al., 2001) e assim atuaria sobre a obesidade hipertrófica.

Ainda não há um consenso sobre a quantidade e tempo de suplementação do CLA. Blankson et al. (2000), suplementando 3,4 g/dia de CLA durante 12 semanas observaram redução na gordura corporal de pessoas com sobrepeso e obesas. Em contrapartida, Zambell et al. (2000) não obtiveram diferenças no peso e composição corporal de pessoas suplementadas com 3 g/dia de CLA durante 9 semanas. Nazaré et al. (2007) sugerem que o CLA deve ser suplementado durante longos períodos para que exerça mudanças no metabolismo. Ao suplementar homens com 2,4 g/dia durante um ano, Gaullier et al. (2004) obtiveram resultados positivos para a redução de peso e redução de gordura corporal. Neste mesmo trabalho, ao final do período experimental, não houve diferença entre o grupo controle e os grupos com suplementação de CLA para colesterol total, triglicérides, HDL colesterol e glicose sanguínea.

2.5 Ácido linoleico conjugado na produção de frangos de corte

Frangos são altamente sensíveis às mudanças nos níveis e tipo de lipídio fornecido na dieta, e muitos estudos são feitos com o objetivo de alterar o perfil lipídico da carne, tornando-a mais saudável (Rymer & Givens, 2005). Suksombat et al., (2007), trabalhando com níveis de 0,0; 0,5; 1,0 e 1,5% de suplementação dietética de CLA, em substituição ao óleo de soja, para frangos Arbor Acres, não observaram diferenças no desempenho, rendimento e composição de proteína e gordura dos cortes de perna e peito com a suplementação de até 1% de CLA. Resultados semelhantes foram encontrados por Zhang et al., (2005), Zhang et al., (2008), Halle et al., (2012) e Jiang et al., (2014). De forma contrária, Javadi et al., (2007), suplementando frangos de corte (Ross 308) com 1,0% de CLA na dieta em substituição ao óleo de soja, observaram redução no consumo de ração, digestibilidade da gordura e metabolizabilidade de energia, porém não observaram diferença no ganho de peso e na deposição de gordura, proteína e energia. Quando o nível suplementado foi aumentado para 1,5% houve diferença em relação ao demais grupos, sendo observado menor gordura abdominal e de perna, bem como um menor ganho médio diário. Resultados negativos para desempenho também foram observados por Szymczyk et al. (2001) quando suplementaram frangos Arbor Acres com 1,0 e 1,5% de CLA em substituição ao óleo de girassol, de 8 a 42 dias, e por Badinga et al. (2003) que forneceram dietas contendo 5% de óleo de milho ou 5% de CLA no período de 1 a 21 dias. Este último trabalho também observou a redução do peso e teor de gordura e água do fígado, sem redução no teor de proteína. Du & Ahn (2002), forneceram 0,25; 0,5 e 1,0% de CLA para frangos de 21 dias, durante 3 semanas e observaram aumento na deposição de gordura abdominal com 0,5% de CLA. Porém, quando os frangos foram suplementados durante 5 semanas com 2,0 e 3,0% de CLA, foi observada redução de 15% na deposição de gordura corporal, sem diferenças encontradas no ganho de peso, consumo de ração e conversão alimentar.

A possível explicação para que ocorra redução de desempenho com altos níveis de CLA é de que este aumenta a taxa metabólica, a taxa de oxidação

das gorduras e a taxa de degradação de gorduras nos adipócitos, resultando em maior demanda energética para manutenção (West et al., 1998). Cho et al. (2013) em um trabalho de meta-análise concluíram que o CLA possui a capacidade de alterar o metabolismo de frangos de corte mas que, quando fornecido como suplemento em níveis de até 1,0% na dieta, não afeta negativamente os índices zootécnicos.

Em contraste aos resultados de desempenho zootécnico e redução do percentual de gordura, que apresentam contradições quanto ao nível a ser utilizado, diversos autores relatam a incorporação dos isômeros de CLA na carne de frango independentemente do nível de suplementação. Após suplementar frangos com 1,8% de CLA dietético, Simon et al. (2000), quantificaram o isômero trans-10, cis-12 nos cortes comerciais de peito e perna, em 12,57 g e 13,50 g por 100 g de ácido graxo total, respectivamente. Du & Ahn (2002) suplementaram frangos durante 3 semanas com 0,25; 0,5 e 1,0 % de CLA dietético e observaram a incorporação crescente dos isômeros na carne de peito conforme o nível de CLA foi aumentado. Resultados semelhantes foram encontrados por Buccioni et al. (2009), Suksombat et al. (2007), Szymczyk et al. (2001), Sirri et al. (2003), Javadi et al. (2007) e Aletor et al. (2003).

A suplementação dietética e posterior incorporação dos isômeros de CLA em cortes de carne leva a alterações nos demais ácidos graxos. Szymczyk et al. (2001) observaram em carne de peito o aumento dos ácidos mirístico, palmítico, esteárico, araquídico e eicosapentaenoico, e a redução dos ácidos linoleico, gama linolênico e araquidônico, resultando no aumento de ácidos graxos saturados e redução de poli-insaturados e monoinsaturados. Os mesmos autores relatam diferenças semelhantes na carne da perna de frango, com exceção do ácido eicosapentaenoico que não apresentou diferença entre os tratamentos. Sirri et al. (2003) observaram a redução dos ácidos palmitoleico, oleico e araquidônico na carne de peito. Já na perna (comercialmente sobrecoxa), houve aumento dos níveis de ácido araquídico e ecosadienóico, e redução dos ácidos palmitoleico, oleico, gondóico, ecosadienóico, gama linolênico, araquidônico e decosapentaenóico. Neste trabalho também houve aumento dos níveis de ácidos graxos saturados e redução dos insaturados, resultados semelhantes aos observados por Javadi et al. (2007), Suksombat et al. (2007) e Aletor et al. (2003).

2.6 Ácidos graxos na saúde humana

Os ácidos graxos desempenham importantes funções na estrutura das membranas celulares e nos processos metabólicos. Em humanos, os ácidos linoleico alfa-linolênico são necessários para manter as membranas celulares, funções cerebrais e impulsos nervosos em condições normais, assim como são necessários para síntese de hemoglobina e divisão celular. Esses ácidos graxos não podem ser sintetizados pelo organismo a partir dos ácidos graxos provenientes da síntese *de novo*, sendo assim necessário seu consumo (Youdim et al., 2000). Estudos que relacionam o consumo de ácidos graxos de cadeia muito longa, acima de 20 carbonos, com benefícios na fase gestacional (Hornstra et al., 2000; Sanders, 1999), primeiros meses após o nascimento (Hornstra et

al.,2000; SanGiovanni et al.,2000), terceira idade e com a redução e/ou prevenção de diversas doenças (Yehuda et al., 2002), mostram que o ácido docosaenoico (DHA) tem-se mostrado benéfico para funções visuais, hepáticas, cerebrais e musculares (Martinez et al., 2000). O DHA tem importante função na formação, funcionamento e desenvolvimento do cérebro e da retina, e sua carência nos tecidos da retina está relacionado com a diminuição da capacidade visual (Chen et al., 1996; SanGiovanni et al., 2005).

Por sua vez, o ácido graxo araquidônico está presente em grande quantidade nos fosfolípidos associados aos neurônios e é sugerido o seu envolvimento nas transmissões sinápticas (Piomelli, 1994). O ácido araquidônico, di-homo-gama-linolênico e eicosapentaenóico são precursores dos prostanóides das séries 4, 5 e 6, respectivamente (Albertazzi et al.,2002). Tanto os prostanóides quanto os leucotrienos influenciam mecanismos fisiológicos e patológicos no organismo, e através deles ocorre a formação de prostaglandinas e tromboxanos da série 2, sendo que estes mediam de diversos processos inflamatórios no organismo. É proposto que a produção excessiva de prostanóides da série 2, principalmente ligados ao ácido araquidônico, estão relacionados à ocorrência de doenças cardiovasculares e inflamatórias (Coronado Herrera et al, 2006). É recomendado elevar a ingestão de ácidos graxos n-3 para reduzir a produção de prostanóides da série 2 (Simopoulos, 2004).

Ácidos graxos da família n-6 e n-3 competem pelas mesmas enzimas nas reações de dessaturação e alongamento de cadeia. Apesar das enzimas possuírem preferência por ácidos da família n-3, a sua conversão em outros ácidos é influenciada pelos níveis de ácido linoleico proveniente da dieta (Simopoulos, 2004). Desta forma a relação entre a ingestão de ácidos graxos n-6:n-3 assume fundamental importância na nutrição e têm sido recomendados valores entre 4:1 e 5:1 (Schaefer, 2002; World Health Organization, 1995). A relação na dieta ocidental atualmente está em 10:1 a 20:1 (Simopoulos, 2004). A redução desta relação é sugerida pelos resultados de estudos clínicos que demonstraram maior taxa de mortalidade, inflamações decorrentes de artrite reumatóide, ocorrência de câncer e asma em dietas com alta relação n-6:n-3 (Lorgeril et al., 1994; Broughton et al.,1997; Calvani & Benatti, 2003). É sugerido por Kris-Etherton et al. (2001) que doses elevadas de ácidos graxos n-3 possuem diversos efeitos benéficos, como a redução dos triacilglicerídeos e viscosidade do sangue, maior relaxamento do endotélio e também efeitos anti-arrítmicos.

Ácidos graxos saturados possuem efeitos diferentes na concentração plasmática das lipoproteínas de colesterol, sendo que o ácido láurico, mirístico e palmítico elevam o LDL colesterol, enquanto o ácido esteárico não possui este efeito (Watkins & German, 2002). O consumo excessivo de ácidos graxos saturados estão ligados a risco de doenças cardiovasculares, aterosclerose e diabetes (Jakobsen et al., 2009). Pesquisas recomendam que o consumo de ácidos graxos saturados não seja maior que 10% da energia da dieta (FAO, 2008).

3. HIPÓTESES E OBJETIVOS

Diante de tais constatações montamos as seguintes hipóteses: (1) O CLA reduz o percentual de gordura em relação à massa muscular magra em frangos de corte. (2) A deposição de CLA é crescente de forma linear na coxa e sobrecoxa conforme o aumento do nível de suplementação na dieta. 3) A suplementação com até 1% de CLA não altera o desempenho e rendimento de cortes de frangos de corte.

O objetivo foi avaliar o efeito de três níveis diferentes de inclusão dietética de ácido linoleico conjugado sobre o desempenho zootécnico de frangos de corte através das respostas de consumo de ração e ganho de peso. Promover a incorporação dos isômeros do ácido linoléico nos cortes de frango e observar as possíveis alterações no teor de proteína e gordura de peito e perna e o perfil de ácidos graxos do corte de perna.

CAPÍTULO II*

Efeito do Ácido linoleico conjugado (CLA) dietético no desempenho, características de carcaça e perfil lipídico de carne de frangos de corte

*Este capítulo é apresentado de acordo com as normas de publicação do Journal of Food Science

Use of conjugated linoleic acid (CLA) in broiler chicken diet: performance, carcass characteristics and lipid profile of meat ¹

Kátia Maria Cardinal^{1*}, Mariana Lemos de Moraes¹, Andréa Machado Leal Ribeiro¹, Rodrigo Borille¹, Rafael Dal Forno Gianluppi¹, Marcos Speroni Ceron¹

¹Departamento de Zootecnia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, CEP: 91540-000, Porto Alegre, RS, Brasil

*Autor Correspondente: E-mail: Katia.zootecnia@hotmail.com

Resumo - O objetivo deste estudo foi avaliar o efeito de três níveis de inclusão dietética de ácido linoleico conjugado (CLA) na carcaça e desempenho de frangos de corte. Quatrocentos e cinco frangos foram criados de 1 a 42 dias, alojados em uma sala experimental com água e comida ad libitum. O delineamento experimental foi completamente casualizado, consistindo de três tratamentos (0,0; 0,5 e 1% de CLA) com 9 repetições para análise de desempenho, 18 repetições para análise de composição de carcaça e 5 repetições para análise de perfil de ácidos graxos. Os dados de desempenho foram calculados semanalmente. Aos 42 dias, 18 frangos por tratamento foram sacrificados para avaliação de rendimento de peito e perna, quantificação de proteína e gordura da perna e quantificação e determinação do perfil lipídico do mesmo corte. Os dados foram analisados por ANOVA e as médias comparadas por Lsmeans. De 1 a 21 dias os frangos com 0% de CLA obtiveram melhor desempenho comparado aos que receberam 0,5 e 1% de CLA ($P < 0,05$) e dos 22 a 42 e 1 a 42 dias não foram observadas diferenças ($P > 0,05$). Também não foram observadas diferenças para rendimento de cortes comerciais e para proteína e gordura da perna. O perfil lipídico de perna foi alterado, houve acúmulo crescente de CLA na carne ($P < 0,05$), houve aumento dos níveis de ácidos graxos saturados, redução dos poli-insaturados. Pode ser concluído que a suplementação de CLA é efetiva para produzir carne enriquecida com seus isômeros. O desempenho dos frangos não foi afetado no período total de criação (1-42 dias), assim como rendimento de peito e perna e quantidade de proteína e gordura de perna. O

CLA alterou o perfil de ácidos graxos, aumentando a relação n-6:n-3 e reduzindo a relação poli-insaturados:saturados.

Effect of Dietary Conjugated Linolenic Acid on Growth Performance, Carcass Traits and Meat Fatty Acids Profile of Broiler Chickens

Kátia Maria Cardinal^{1*}, Mariana Lemos de Moraes¹, Andréa Machado Leal Ribeiro¹, Rodrigo Borille¹, Rafael Dal Forno Gianluppi¹, Marcos Speroni Ceron¹

¹Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Faculdade de Agronomia, Departamento de Zootecnia, Laboratório de Ensino Zootécnico

*Kátia Maria Cardinal – Faculdade de Agronomia, Rua Bento Gonçalves, 7712, Bairro Agronomia, CEP: 91540-000, Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brasil. Phone: 55-55 8125 4737. E-mail: Katia.zootecnia@hotmail.com

CLA on broiler production

Health, Nutrition, and Food

ABSTRACT: The aim of this study was to evaluate the effect of three levels of dietary inclusion of conjugated linoleic acid (CLA) on the carcass and performance of broilers. Four hundred and five chickens were raised from 1 to 42 days, housed in an experimental room with water and food ad libitum. The experimental design was completely randomized, consisting of three treatments (0.0, 0.5 and 1% CLA) with 9 replications to performance analysis, 18 replications to carcass composition, 5 replication to lipid profile. The performance data were calculated every week. After 42 days, 18 birds per treatment were euthanized for breast and leg yield, quantification of protein and fat leg and quantification and determination of lipid profile of the same section. Data were analyzed by ANOVA and means compared by Lsmeans. From 1 to 21 days the chickens with 0% CLA performed better compared to those receiving 0.5 and 1% CLA ($P < 0.05$) and in 22 to 42 and 1 to 42 days periods there were no differences ($P > 0.05$). No differences were observed for commercial crosses and protein and fat leg. The lipid profile leg has changed, there was increased accumulation of CLA in meat ($P < 0.05$), increased levels of saturated fatty acids and reduction of polyunsaturated. It can be concluded that CLA supplementation is effective to produce meat enriched with its isomers. The broiler performance was not affected in total rearing period (1-42 days) as well as the leg and breast meat yield and amount of protein and fat leg. The CLA has modified fatty acid profile, increasing n-6: n-3 ratio and reducing polyunsaturated: saturated ratio.

Keywords: Broiler, Fatty Acid, Functional Food, Meat Quality, Nutrition

INTRODUÇÃO

O ácido linoleico conjugado (CLA) é um ácido graxo poli-insaturado e representa uma mistura de isômeros posicionais e geométricos com duplas ligações conjugadas do ácido octadecadienóico – C18:2 (Gouvêa e outros, 2012). O CLA, encontrado em extratos de carne bovina por Pariza and Hargraves (1985) tornou-se objeto de pesquisa a partir da descoberta de que a substância inibe o início de tumores epidérmicos em ratos. Entre os diversos isômeros de CLA, destacam-se o *cis*-9, *trans*-11 e o *trans*-10, *cis*-12 devido aos efeitos biológicos benéficos identificados e associados a eles (Wallace e outros, 2007; Kennedy e outros, 2010). Foi observado que o CLA possui efeito na redução da massa gorda e aumento da massa magra em humanos (Chen e outros, 2012; Gaullier e outros, 2007) e estudos realizados em modelos animais constataram que o CLA apresenta efeitos anticarcinogênicos, podendo atuar em várias fases do desenvolvimento de câncer (Padilha e outros, 2004;). O CLA é modulador dos PPAR alfa (Miranda e outros, 2011) e PPAR gama (Yuan e outros, 2015), sendo que o PPAR gama induz a apoptose e inibe a proliferação de câncer de próstata, mama e cólon em humanos (Tontonoz e outros, 2008; Mueller e outros, 1998; Sarraf e outros, 1999). Também foi observado que o CLA atua na prevenção e redução da aterosclerose, inibindo inflamações, agindo nas células vasculares endoteliais nos estágios iniciais e nas células do músculo liso em quadros mais avançados da doença (Eder e outros, 2010; Ringseis e outros, 2006).

O CLA pode ser encontrado em produtos como leite e carne bovina, porém a carne de animais não ruminantes contém concentração muito baixa dessa substância (Mir e outros, 2000). No entanto, frangos são altamente sensíveis às mudanças nos níveis e tipo de lipídio fornecido na dieta, sendo possível alterar o perfil lipídico da carne e incorporar isômeros de CLA nos cortes comerciais (Rymer e outros, 2005; Suksombat e outros, 2007). Foi observado que, quando suplementado em dietas de frangos de corte, o CLA possui a capacidade de ser incorporado ao tecido adiposo, se envolve no metabolismo lipídico e influencia no alongamento

e dessaturação de diversos ácidos graxos, modificando as relações existentes entre eles (Szymczyk e outros, 2001; Buccioni e outros, 2009; Javadi e outros, 2007; Halle e outros, 2012). O CLA influenciou o consumo de ração, ganho de peso e conversão alimentar de frangos, e demonstrou capacidade de alterar /a quantidade de gordura e proteína e o rendimento de carcaça (Suksombat e outros, 2007; Zhang e outros, 2008; Halle e outros, 2012; Jiang e outros, 2014; Moraes e outros, 2015).

Tendo em vista que os consumidores estão cada vez mais interessados em alimentos funcionais, com características nutricionais que possam fornecer substâncias benéficas à saúde, há o interesse da indústria avícola em produzir carne de frango com incorporação de CLA (Oliveira e outros, 2008), porém não é desejado que ocorram perdas produtivas no processo de criação das aves. Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito de diferentes níveis de suplementação de CLA no desempenho zootécnico de frangos de corte, e no rendimento e alterações lipídicas dos principais cortes comercializados.

MATERIAL E MÉTODOS

Animais, procedimentos gerais e análises

Todos os procedimentos utilizados nesse experimento foram aprovados pelo Comitê de Ética no Uso de Animais da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, sob o número de protocolo 20669. Foram utilizados 405 frangos de corte da linhagem Cobb 500, obtidos diretamente do incubatório da Languirú, Teutônia – Rio Grande do Sul, criados de um a 42 dias de idade. Os frangos foram alojados em 27 boxes de 1 m² com maravalha, equipados com bebedouro tipo nipple e comedouro tubular. No primeiro dia de vida, grupos de 15 aves foram pesados e distribuídos nos boxes de forma que a variação da massa de aves entre eles não

ultrapassasse 3%. Aos 35 dias a lotação foi ajustada para 10 animais por box. Cada box representou uma unidade experimental. A alimentação e o fornecimento de água foram à vontade e os animais foram mantidos em conforto térmico. O experimento foi constituído de 3 tratamentos, tendo sido comparados três níveis de inclusão de CLA na dieta (0,0; 0,5 e 1%). O óleo rico em CLA foi obtido através da empresa BASF S/A, São Paulo, Brasil. O óleo é composto por 50% de isômero cis-9, trans-10 e 50% do isômero 10-trans,12-cis e é produzido a partir da isomerização alcalina de óleos ricos em ácido linoleico.

Durante o período experimental foram fornecidas três dietas (inicial, de 1 a 7 dias, crescimento, de 8 a 21 dias, e final, de 22 a 42 dias) formuladas com níveis nutricionais recomendados pelas Tabelas Brasileiras de Aves e Suínos (Rostagno e outros, 2011) diferindo apenas nos níveis de adição do óleo rico em CLA que foi adicionado em substituição ao óleo de soja (Tabela 1).

Para avaliar o desempenho zootécnico, peso médio (PM), consumo de ração (CR), ganho de peso (GP) e conversão alimentar (CA) foram medidos, semanalmente, 18 aves por tratamento (2 aves por repetição representativas da média do box) foram abatidas para a avaliação da composição e rendimento dos cortes comerciais de peito e perna (coxa+sobrecoxa).

O abate foi realizado por deslocamento cervicar e posterior sangria. As aves passaram por escalda, depenagem e evisceração. As carcaças foram pesadas sem cabeça, patas e vísceras. As carcaças foram decompostas nos cortes comerciais por uma pessoa capacitada e as pernas e peito foram pesados para calcular o rendimento de cada corte em relação ao peso da carcaça e as pernas das aves foram destinadas à análise de composição nutricional. Foram feitas análises de matéria seca (método número 930.15), cinzas (método 923.03), proteína bruta (método número 976.05) e energia (bomba calorimétrica isoperibólica modelo C2000 – IKA

Werke GmbH & Co. KG, Staufen, Alemanha), realizadas segundo as normas da AOAC (1996). A gordura bruta foi calculada através da fórmula:

$$GB = (\text{energia bruta} - (\text{proteína bruta} * 56,6)) / 94.$$

Para a análise do perfil de ácidos graxos da perna, foram analisadas 5 amostras por tratamento, cada uma com 50g de subamostras de coxa e sobrecoxa. A extração e quantificação de lipídios totais das amostras foram efetuadas através da técnica proposta por Hara e outros, (1978) utilizando isopropanol, enquanto a esterificação com trifluoreto de boro metanólico, e quantificação de ácidos graxos foi determinada de acordo com Christie (1989). O perfil de ácidos graxos foi determinado em aparelho de cromatografia gasosa (Agilent 45813-01, USA), equipado com detector de ionização em chama (FID) e coluna capilar de sílica fundida 100m x 250µm de diâmetro (Supelco 2560). Foi utilizado nitrogênio como gás de arraste em fluxo de 1 mL por min e volume de injeção de amostra de 1 µL no modo split 1/50, com temperatura de injeção e detecção de 250°C. Os ácidos graxos foram identificados por comparação entre os tempos de retenção dos padrões de ésteres metílicos conhecidos ((Sigma: Supelco Mix 37 Components FAME; Linoleic Acid Methyl Ester Mix (cis/trans); trans-11-Octadecenoic Methyl Ester; Linoleic Acid Conjugated Methyl Ester) e as amostras esterificadas.

Análise estatística

O delineamento experimental foi completamente casualizado. Comparou-se 3 tratamentos, 0,0; 0,5 e 1,0% de inclusão dietética de óleo rico em CLA, e foram utilizadas 9 repetições por tratamento para desempenho. Para rendimento, foram utilizadas 18 repetições por tratamento e para o perfil de ácidos graxos 5 repetições por tratamento. Todas as respostas foram analisadas por ANOVA e na presença de um F significativo as médias foram comparadas pelo LSmeans, através do programa estatístico SAS ($P < 0.05$).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Desempenho animal

Houve diferença significativa ($P < 0,05$) entre os tratamentos para peso vivo, ganho de peso e conversão alimentar no período de 1 a 21 dias de idade (dd) (Tabela 2). Os animais suplementados com 0% CLA obtiveram melhores índices de desempenho em relação aos demais. No entanto, as diferenças em GP e CA observadas no período inicial não se mantiveram no período de 22 a 42 dd e se diluíram no período de 1 a 42 dd ($P > 0,05$) (Tabela 2). Resultados semelhantes para o período total foram observados em estudos anteriores (Zhang e outros, 2008; Halle e outros, 2012; Jiang and other, 2014), com suplementação de até 1% de CLA.

Neste estudo, o CLA exerceu um efeito negativo no desempenho dos animais no período inicial de criação (1 a 21 dd), seja no ganho de peso ou na conversão alimentar, resultado semelhante ao encontrado recentemente por Moraes e outros, (2015) quando suplementaram frangos com 1 e 2% de CLA. West e outros, (1998) observaram redução no desempenho de ratas alimentadas com CLA e atribuíram este fato a um maior gasto energético, o que sugere aumento a demanda energética para manutenção. O mecanismo pelo qual o CLA afeta o metabolismo energético ainda é pouco conhecido, porém alguns estudos sugerem que seja pelo aumento do consumo de oxigênio (Choi e outros, 2004; Negao e outros, 2003) e aumento da expressão de proteínas desacopladas (Park & Song, 2004). Segundo Moraes e outros, (2015) se for considerado que o desempenho dos frangos é prioritariamente alterado por mudanças no tecido adiposo, deveríamos esperar uma maior atuação do CLA no período final de criação (22 a 42dd) quando ocorre maior deposição de gordura no animal, e não na fase inicial (1 a 22dd), onde as taxas de deposição de proteína são maiores. Por outro lado, Sakomura e outros, (2004) estimaram que a energia metabolizável necessária para deposição de 1 g de

gordura é menor que para a deposição de 1 g de proteína, o que pode ajudar a entender os resultados obtidos. Kang e outros, (2003) observaram que o isômero trans-10, cis-12 inibe a diferenciação de adipócitos 3T3-L1 e diminui a expressão de receptor ativado por proliferador de peroxissoma gama, sugerindo que a redução da gordura pode estar ligada, em parte, à inibição da diferenciação de pré-adipócitos (Zhou e outros, 2008; Yuan e outros, 2015). Devido ao mecanismo complexo de atuação do CLA, mostram-se necessários maiores estudos para esclarecimento da sua associação com a perda de desempenho na fase de crescimento de frangos.

Análise de carcaça

Não houve diferença ($P > 0,05$) entre tratamentos para rendimento de peito e de perna e quantidade de proteína e gordura da perna (Tabela 3). Suksombat e outros, (2007), ao suplementarem a dieta de frangos de 21 a 42 dd com até 1,5% de CLA, não observaram diferenças para rendimento e quantidade de proteína e gordura no peito, coxa e sobrecoxa de frangos com até 1,0% de suplementação, mas com 1,5% houve redução da quantidade de gordura presente na coxa. Segundo os mesmos autores, concentrações acima de 1% de suplementação com CLA trazem o benefício na redução de gordura, porém o desempenho dos frangos é afetado negativamente. Esse benefício pode estar associado a vários fatores: aumento da lipólise e redução da ação da enzima lipase lipoprotéica (Park e outros, 1997), redução do número de adipócitos, pela inibição da atividade da lipoproteína lipase em células adiposas e da esteroil - CoA dessaturase, resultando na apoptose de adipócitos e na modulação da lipólise (Park e outros, 2004, Hargrave e outros, 2004, Storkson e outros, 2005). Contrariamente aos nossos achados, Szymczyk e outros, (2001), observaram aumento do rendimento de perna e redução do nível de gordura abdominal quando o nível de suplementação foi de 1%. Em contraste, Duh & Ahn (2002), suplementando frangos a partir de 21dd com 0,5% de CLA, durante

3 semanas, observaram aumento no nível de gordura abdominal. As diferenças nos resultados encontrados nos estudos podem estar ligadas a diferenças nos ingredientes das dietas, período de suplementação, idade e linhagem da ave e também aos isômeros de CLA utilizados (Suksombat e outros, 2007; Pariza e outros, 2001). Outro fator importante a ser observado são os isômeros utilizados e a proporção entre eles, pois estudos demonstram que os isômeros possuem atuações diferentes. O isômero trans-10, cis-12 é responsável pelo efeito de redução da gordura, enquanto o isômero cis-9, trans-11 não apresenta efeito (Park e outros, 1999; Martorell e outros, 2012).

O perfil de ácidos graxos de perna de frango foi alterado de forma significativa ($p > 0,05$) pela inclusão dietética de CLA (Tabela 4). Como era esperado, a incorporação de CLA nos tecidos foi linear e crescente conforme o aumento dos níveis de suplementação na dieta. A maior deposição foi a do isômero cis-9, trans-11, representando cerca de 60% do CLA total, com aproximadamente 20% a mais de incorporação que o isômero trans-10, cis-12, tanto no nível de 0,5 como 1%. Resultados semelhantes foram encontrados por Buccioni e outros, (2009) e Suksombat e outros, (2007), porém a razão pela qual este isômero se incorpora em maior quantidade ainda é pouco compreendida, embora pareça estar conectada com o fato de que alguns isômeros possuem melhor eficiência de mobilização que outros (Park e outros, 1999), tendo preferência na deposição.

O CLA tem capacidade de interferir no metabolismo de lipídios, utilizando a rota metabólica do ácido oléico para acumular-se nos tecidos, ou metabolizar-se na mesma via do ácido linoléico, influenciando a dessaturação e alongamento de outros ácidos graxos (Carta e outros, 2002). Com a inclusão dietética de CLA, houve o aumento no nível dos ácidos graxos saturados (SFA) mirístico, palmítico, esteárico e araquídico, e redução dos ácidos graxos poli-insaturado (PUFA) linoleico, alfa-linolênico, e com 1% de suplementação, araquidônico, DPA e

DHA. Resultados semelhantes foram encontrados em estudos anteriores (Szymczy e outros, 2001; Sirri e outros, 2003; Aletor e outros, 2003; Javadi e outros, 2007). A redução dos ácidos araquidônico, DHA, EPA e dos seus precursores, ácidos alfa-linolênico e linoleico, pode ter ocorrido em virtude da competição que o CLA exerce pela enzima $\Delta 6$ dessaturase (Belury and Kempa-Steczko, 1997; Duarte e outros, 2010). A redução do ácido linoleico também associa-se à substituição do óleo de soja, composto por cerca de 55% deste ácido graxo (Silva e outros, 2006). Já o aumento dos níveis de SFA e redução de outros PUFA liga-se à inibição da enzima $\Delta 9$ dessaturase no fígado, causada pelos maiores níveis de CLA (Suksombat e outros, 2007) e à conversão prejudicada de ácido esteárico em ácido oleico pela redução da enzima esteroil-CoA desaturase no fígado. Como resultado destas alterações houve diminuição ($p > 0,05$) na relação PUFA:SFA: 1,42; 0,96 e 0,91 para os níveis 0,0; 0,5 e 1,0% de CLA, respectivamente. Embora tenha ocorrido a redução desta relação, ela se manteve acima de 0,45, preconizada como benéfica pela Sociedade Brasileira de Cardiologia (2013). As alterações causadas nos níveis de PUFA aumentaram ($p > 0,05$) a relação n-6:n-3 de 9,65 para 10,44 e 11,78 nos níveis 0,0; 0,5 e 1,0%, respectivamente. Essas relações estão acima de 4,0 a 5,0, preconizado como benéfica pela Food and Agriculture Organization (FAO, 2010). O aumento da quantidade de SFA e redução de MUFA e da relação n-6:n-3, considerando-se a composição deste alimento isoladamente, está ligado à produção de tromboxanos, leucotrienos e proteína C reativa, que são associados a diversas doenças, como diabetes, câncer, obesidade, artrite reumatóide e asma (reviewed by Simopoulos e outros, 2004). Desta forma, o enriquecimento da carne de frango com CLA, deve ser analisado não somente pelos efeitos benéficos do CLA per se, como também pelas alterações no perfil de outros ácidos graxos.

CONCLUSÕES

A suplementação dietética de 0,5 e 1,0% de CLA não exerceu efeito negativo no desempenho para o período total de criação dos frangos de corte, no rendimento de cortes nobres e na composição corporal, mas diminuiu desempenho no período inicial de crescimento

A inclusão de CLA na dieta de frangos é um meio eficaz de produção de carne enriquecida com seus isômeros. Porém, o CLA influenciou a redução de PUFAs, o aumento de SFA e reduziu a relação n-6:n-3 na carne de perna.

REFERÊNCIAS

Belury, M. A. and A. Kempa-Steczko (1997). "Conjugated linoleic acid modulates hepatic lipid composition in mice." *Lipids* 32(2): 199-204.

Buccioni, A., et al. (2009). "Effect of oleic and conjugated linoleic acid in the diet of broiler chickens on the live growth performances, carcass traits and meat fatty acid profile." *Italian Journal of Animal Science* 8(4): 603-614.

Carta, G., et al. (2002). "Modulation of lipid metabolism and vitamin A by conjugated linoleic acid." *Prostaglandins, leukotrienes and essential fatty acids* 67(2): 187-191.

Chen, S.-C., et al. (2012). "Effect of conjugated linoleic acid supplementation on weight loss and body fat composition in a Chinese population." *Nutrition* 28(5): 559-565.

Choi, J. S., et al. (2004). "Effect of conjugated linoleic acid isomers on insulin resistance and mRNA levels of genes regulating energy metabolism in high-fat-fed rats." *Nutrition* 20(11): 1008-1017.

Christie, W. W. (1989). *Gas chromatography and lipids*, Oily Press Ayr.

da Silva, R. C. and L. A. Gioielli (2006). "Propriedades físicas de lipídios estruturados obtidos a partir de banha e óleo de soja." *Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences* 42(2).

de Carvalho Padilha, P. and R. de Lima Pinheiro (2004). "O papel dos alimentos funcionais na prevenção e controle do câncer de mama." *Revista Brasileira de Cancerologia* 50(3): 251-260.

Duarte, F., et al. (2010). "Efeito da inclusão de diferentes fontes lipídicas em dietas para frangos de corte sobre o desempenho, rendimento e composição da carcaça." *Arq. bras. med. vet. zootec* 62(2): 439-444.

Eder, K. and R. Ringseis (2010). "Metabolism and actions of conjugated linoleic acids on atherosclerosis-related events in vascular endothelial cells and smooth muscle cells." *Molecular nutrition & food research* 54(1): 17-36.

Fats, F. (2010). "fatty acids in human nutrition. Report of an expert consultation." *Food and Nutrition paper* 91.

Gaullier, J.-M., et al. (2007). "Six months supplementation with conjugated linoleic acid induces regional-specific fat mass decreases in overweight and obese." *British Journal of Nutrition* 97(03): 550-560.

Gouvêa, M. M., et al. (2012). "Ácidos Linoleicos Conjugados (ALC)–Os Benefícios que Exercem sobre a Saúde Humana e as Principais Metodologias Analíticas Aplicadas para a sua Determinação em Leites." *Revista Virtual de Química* 4(6): 653-669.

Halle, I., et al. (2012). "Effects of dietary conjugated linoleic acid on the growth performance of chickens and ducks for fattening and fatty acid composition of breast meat." *Journal für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit* 7(1): 3-9.

Hara, A. and N. S. Radin (1978). "Lipid extraction of tissues with a low-toxicity solvent." *Analytical biochemistry* 90(1): 420-426.

Hargrave, K. M., et al. (2004). "Influence of dietary conjugated linoleic acid and fat source on body fat and apoptosis in mice*." *Obesity research* 12(9): 1435-1444.

Javadi, M., et al. (2007). "Effect of dietary conjugated linoleic acid on body composition and energy balance in broiler chickens." *British Journal of Nutrition* 98(06): 1152-1158.

Kang, K., et al. (2003). "Trans-10, cis-12 CLA inhibits differentiation of 3T3-L1 adipocytes and decreases PPAR γ expression." *Biochemical and biophysical research communications* 303(3): 795-799.

Kennedy, A., et al. (2010). "Antiobesity mechanisms of action of conjugated linoleic acid." *The Journal of nutritional biochemistry* 21(3): 171-179.

Martorell, P., et al. (2012). "Caenorhabditis elegans as a model to study the effectiveness and metabolic targets of dietary supplements used for obesity treatment: the specific case of a conjugated linoleic acid mixture (Tonalin)." *Journal of agricultural and food chemistry* 60(44): 11071-11079.

Mir, Z., et al. (2000). "Effect of dietary supplementation with either conjugated linoleic acid (CLA) or linoleic acid rich oil on the CLA content of lamb tissues." *Small Ruminant Research* 36(1): 25-31.

Miranda, J., et al. (2011). "cis-9, trans-11, cis-15 and cis-9, trans-13, cis-15 CLNA mixture activates PPAR α in HEK293 and reduces triacylglycerols in 3T3-L1 cells." *Lipids* 46(11): 1005-1012.

Mueller, E., et al. (1998). "Terminal differentiation of human breast cancer through PPAR γ ." *Molecular cell* 1(3): 465-470.

Nagao, K. and T. Yanagita (2005). "Conjugated fatty acids in food and their health benefits." *Journal of bioscience and bioengineering* 100(2): 152-157.

Oliveira, R., et al. (2008). "Linoleic conjugated acid and fatty acids profile in the muscle and fat layer of water buffalo steers fed different fat sources." *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia* 60(1): 169-178.

Pariza, M. W. and W. A. Hargraves (1985). "A beef-derived mutagenesis modulator inhibits initiation of mouse epidermal tumors by 7, 12-dimethylbenz [a] anthracene." *Carcinogenesis* 6(4): 591-593.

Pariza, M. W., et al. (2001). "The biologically active isomers of conjugated linoleic acid." *Progress in lipid research* 40(4): 283-298.

Park, H. S., et al. (2004). "Dietary conjugated linoleic acid increases the mRNA ratio of Bax/Bcl-2 in the colonic mucosa of rats." *The Journal of nutritional biochemistry* 15(4): 229-235.

Park, Y., et al. (1997). "Effect of conjugated linoleic acid on body composition in mice." *Lipids* 32(8): 853-858.

Park, Y., et al. (1999). "Evidence that the trans-10, cis-12 isomer of conjugated linoleic acid induces body composition changes in mice." *Lipids* 34(3): 235-241.

Ringseis, R., et al. (2006). "CLA isomers inhibit TNF α -induced eicosanoid release from human vascular smooth muscle cells via a PPAR γ ligand-like action." *Biochimica et Biophysica Acta (BBA)-General Subjects* 1760(2): 290-300.

Rymer, C. and D. Givens (2005). "n-3 fatty acid enrichment of edible tissue of poultry: a review." *Lipids* 40(2): 121-130.

Sakomura, N. K., et al. (2004). "Efeito do nível de energia metabolizável da dieta no desempenho e metabolismo energético de frangos de corte." *Revista Brasileira de Zootecnia*: 1758-1767.

Santos, R., et al. (2013). "Diretriz sobre o consumo de Gorduras e Saúde Cardiovascular." *Arquivos brasileiros de cardiologia* 100(1): 1-40.

Sarraf, P., et al. (1999). "Loss-of-function mutations in PPAR γ associated with human colon cancer." *Molecular cell* 3(6): 799-804.

Simopoulos, A. P. (2004). "Omega-6/omega-3 essential fatty acid ratio and chronic diseases." *Food Reviews International* 20(1): 77-90.

Sirri, F., et al. (2003). "Fatty acid composition and productive traits of broiler fed diets containing conjugated linoleic acid." *Poultry science* 82(8): 1356-1361.

Storkson, J. M., et al. (2005). "Effects of trans-10, cis-12 conjugated linoleic acid and cognates on apolipoprotein B secretion in HepG2 cells." *Nutrition research* 25(4): 387-399.

Suksombat, W., et al. (2007). "Effects of various levels of conjugated linoleic acid supplementation on fatty acid content and carcass composition of broilers." *Poultry science* 86(2): 318-324.

Szymczyk, B., et al. (2001). "Effects of conjugated linoleic acid on growth performance, feed conversion efficiency, and subsequent carcass quality in broiler chickens." *British Journal of Nutrition* 85(04): 465-473.

Tontonoz, P. and B. M. Spiegelman (2008). "Fat and beyond: the diverse biology of PPAR γ ." *Annu. Rev. Biochem.* 77: 289-312.

Wallace, R. J., et al. (2007). "Isomers of conjugated linoleic acids are synthesized via different mechanisms in ruminal digesta and bacteria." *Journal of Lipid Research* 48(10): 2247-2254.

West, D. B., et al. (1998). "Effects of conjugated linoleic acid on body fat and energy metabolism in the mouse." *American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology* 275(3): R667-R672.

Yuan, G., et al. (2015). "Modulation of peroxisome proliferator-activated receptor gamma (PPAR γ) by conjugated fatty acid in obesity and inflammatory bowel disease." *Journal of agricultural and food chemistry* 63(7): 1883-1895.

Zhang, H., et al. (2008). "Dietary conjugated linoleic acid improves antioxidant capacity in broiler chicks." *British poultry science* 49(2): 213-221.

Zhou, X.-R., et al. (2008). "Dietary conjugated linoleic acid increases PPAR γ gene expression in adipose tissue of obese rat, and improves insulin resistance." *Growth Hormone & IGF Research* 18(5): 361-368.

Tabela 1 - Composição de ingredientes e níveis nutricionais das dietas experimentais fornecidas para frangos de corte recebendo diferentes níveis de inclusão de CLA (0, 0,5 ou 1%)

| Item | Inicial | Crescimento | Final |
|--------------------------------------|---------|-------------|-------|
| Ingredientes, % | | | |
| Milho | 53,80 | 53,94 | 61,99 |
| Farelo soja | 39,33 | 38,53 | 30,47 |
| CLA | | | |
| Óleo de soja degomado ¹ | 2,53 | 3,83 | 4,17 |
| Fosfato bicálcico | 1,90 | 1,56 | 1,25 |
| Calcário calcítico | 1,00 | 1,00 | 0,88 |
| Sal comum | 0,51 | 0,48 | 0,46 |
| L-Lis HCl | 0,27 | 0,16 | 0,25 |
| DL-Met | 0,36 | 0,29 | 0,28 |
| L-Tre | 0,10 | 0,04 | 0,07 |
| Premix mineral ² | 0,10 | 0,08 | 0,08 |
| Premix vitamínico ³ | 0,05 | 0,04 | 0,04 |
| Cloreto Colina 60% | 0,05 | 0,05 | 0,05 |
| Valores nutricionais (calculados) | | | |
| EM, Mcal/kg | 2,96 | 3,05 | 3,17 |
| Proteína Bruta, % | 22,55 | 22,01 | 19,10 |
| Fibra Bruta, % | 3,02 | 2,98 | 2,69 |
| Gordura, % | 5,15 | 6,43 | 6,94 |
| Matéria Seca, % | 87,56 | 87,85 | 87,66 |
| Valores nutricionais (calculados), % | | | |
| Lis dig. | 1,32 | 1,22 | 1,10 |
| Met dig. | 0,65 | 0,58 | 0,54 |
| Met + Cis dig. | 0,95 | 0,88 | 0,80 |

Para o tratamento com 0,5% de CLA, foi utilizado 0,83% de CLA e 0,87, 3,0 e 3,34% de óleo de soja para as dietas inicial, crescimento e final, respectivamente. Para o tratamento com 1% de CLA, foi utilizado 1,67% de CLA e 0,86, 2,16 e 2,5% de óleo de soja para as dietas inicial, crescimento e final, respectivamente.

²Composição (por kg): 150000 mg de Mn, 100000 mg de Zn, 80000 mg de Fe, 15000 mg de Cu, 1200 mg de I, 700 mg de Se.

³Composição (por kg): 23200000 UI de vitamina A, 5600000 UI de vitamina D, 52000 mg de vitamina K, 6000 mg de vitamina B₁, 18000 mg de vitamina B₂, 9000 mg de vitamina B₆, 132000 mg de niacina, 44000 mg de ácido pantotênico, 2400 mg de ácido fólico, 200000 µg de biotina, 40000 µg de vitamina B₁₂.

Tabela 2 – Desempenho de frangos de corte recebendo diferentes níveis de CLA de 1 a 42 dias

| | Níveis de CLA | | | SEM | P |
|----------------------|-------------------|-------------------|-------------------|------|-------|
| | 0% | 0,5% | 1% | | |
| 1-21 dias | | | | | |
| Peso médio 21 (g) | 920 ^a | 897 ^{ab} | 873 ^b | 10 | 0,010 |
| Consumo de ração(g) | 1145 | 1121 | 1150 | 15 | 0,376 |
| Ganho de peso (g) | 874 ^a | 856 ^{ab} | 833 ^b | 11 | 0,033 |
| Conversão alimentar | 1,30 ^a | 1,31 ^b | 1,38 ^b | 0,02 | 0,030 |
| 21-42 dias | | | | | |
| Peso Médio42 (g) | 2763 | 2694 | 2687 | 34 | 0,251 |
| Consumo de ração (g) | 3036 | 2916 | 2820 | 73 | 0,147 |
| Ganho de peso (g) | 1844 | 1791 | 1831 | 25 | 0,311 |
| Conversão alimentar | 1,64 | 1,62 | 1,54 | 0,04 | 0,108 |
| 0-42 dias | | | | | |
| Peso Médio 42 (g) | 2763 | 2694 | 2687 | 34 | 0,251 |
| Consumo de ração (g) | 4182 | 4023 | 4078 | 44 | 0,058 |
| Ganho de peso (g) | 2715 | 2636 | 2669 | 25 | 0,102 |
| Conversão alimentar | 1,54 | 1,53 | 1,53 | 0,01 | 0,729 |

a,b Médias seguidas de diferentes letras na mesma linha diferem entre si (P<0,05).

Tabela 3 - Rendimento, composição da carcaça de frangos de corte suplementados com diferentes níveis de CLA de 1 a 42 dias

| Item | CLA, % | | | SEM | P |
|------------------------|--------|------|------|-----|------|
| | 0 | 0,5 | 1 | | |
| Rendimento, % | | | | | |
| Peito | 37,2 | 36,6 | 37,4 | 0,4 | 0,41 |
| Perna ¹ | 31,1 | 30,8 | 30,6 | 0,3 | 0,53 |
| Composição da perna, % | | | | | |
| Gordura bruta | 29,8 | 28,6 | 29,7 | 0,9 | 0,53 |
| Proteína bruta | 65,4 | 66,9 | 65,6 | 1,0 | 0,36 |

^{a,b}Médias seguidas de diferentes letras na mesma linha diferem entre si

¹Perna = Corte de coxa+sobrecoxa

Table 4 - Perfil de ácidos graxos da perna¹ de frangos de corte de 42 dias de idade recebendo diferentes níveis de ácido linoleico conjugado (CLA) na dieta

| Ácido Graxo, g/100g FAME ² , % | CLA inclusion, % | | | SEM | P |
|---|--------------------|--------------------|--------------------|------|--------|
| | 0 | 0,5 | 1 | | |
| Saturado | | | | | |
| C12:0 | 0,07 | 0,09 | 0,08 | 0,12 | 0,673 |
| C14:0 | 0,54 ^b | 0,80 ^a | 0,86 ^a | 0,04 | <0,001 |
| C15:0 | 0,08 | 0,09 | 0,09 | 0,00 | 0,069 |
| C16:0 | 20,31 ^b | 24,31 ^a | 25,24 ^a | 0,44 | <0,001 |
| C17:0 | 0,16 | 0,20 | 0,27 | 0,03 | 0,081 |
| C18:0 | 8,29 ^b | 12,28 ^a | 12,71 ^a | 0,23 | <0,001 |
| C20:0 | 0,07 ^b | 0,09 ^a | 0,10 ^a | 0,00 | <0,001 |
| Mono insaturado | | | | | |
| C14:1 | 0,09 | 0,07 | 0,11 | 0,03 | 0,505 |
| C16:1 | 2,97 ^a | 1,67 ^b | 1,22 ^b | 0,15 | <0,001 |
| C18:1 trans-9 | 0,13 ^b | 0,18 ^a | 0,17 ^a | 0,01 | 0,001 |
| C18:1 trans-11 | 0,06 ^c | 0,24 ^b | 0,35 ^a | 0,02 | <0,001 |
| C18:1 | 27,57 ^a | 21,09 ^b | 20,21 ^b | 0,53 | <0,001 |
| C20:1 | 0,31 ^a | 0,26 ^b | 0,24 ^b | 0,01 | <0,001 |
| Poli-insaturado | | | | | |
| C18:2 | 30,92 ^a | 28,26 ^b | 27,07 ^b | 0,56 | 0,001 |
| C18:3 | 0,20 | 0,20 | 0,18 | 0,02 | 0,697 |
| C18:3 | 2,31 ^a | 1,82 ^b | 1,80 ^b | 0,07 | <0,001 |
| C18:2 cis-9 trans-11, CLA | 0,11 ^c | 1,77 ^b | 3,75 ^a | 0,11 | <0,001 |
| C18:2 trans-10 cis-12, CLA | 0,07 ^c | 1,07 ^b | 2,28 ^a | 0,07 | <0,001 |
| C20:2 | 0,46 ^{ab} | 0,53 ^a | 0,36 ^b | 0,04 | 0,032 |
| C20:3 | 0,56 ^a | 0,48 ^a | 0,26 ^b | 0,04 | <0,001 |
| C20:3 | 0,06 | 0,12 | 0,05 | 0,04 | 0,332 |
| C20:4 | 3,37 ^a | 3,05 ^a | 1,76 ^b | 0,24 | 0,001 |
| C20:5 | 0,13 | 0,19 | 0,14 | 0,02 | 0,221 |
| C22:5 | 0,63 ^a | 0,71 ^a | 0,41 ^b | 0,06 | 0,006 |
| C22:6 | 0,44 ^a | 0,37 ^a | 0,20 ^b | 0,04 | 0,001 |
| Relações entre ácidos graxos | | | | | |
| N6:N3 | 9,65 ^c | 10,44 ^b | 11,78 ^c | 0,06 | 0,001 |
| Poli-insaturado:Saturado | 1,42 ^a | 0,96 ^b | 0,91 ^b | 0,19 | 0,001 |

^{a,b} Médias seguidas de diferentes letras na mesma linha diferem entre si (P <0.05).

¹Perna = Coxa+sobrecoxa

²FAME = Fatty Acid Methyl Ester

CAPÍTULO III

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

É importante ser considerado que a venda de CLA é estritamente proibida no Brasil, tanto como ingrediente como em cápsulas, pois a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) o considerou inseguro em todas as avaliações que foram realizadas, a primeira em 2003 e a última em 2013. Desta forma, antes da inclusão do CLA na dieta de frangos de corte, ainda é necessário fazer a comprovação dos seus benefícios perante a ANVISA, garantindo maior segurança à saúde dos brasileiros.

A carne de frango é a proteína animal mais consumida no Brasil e possui preço acessível a toda população. A inclusão de CLA na produção animal pode encarecer o preço do produto e as famílias de baixa renda não teriam acesso ao frango enriquecido com CLA. Dessa forma, este alimento funcional seria destinado somente às classes de maior poder econômico. Outro ponto a ser relevado quanto ao custo é a possibilidade de comprar (importar) cápsulas de suplementação de CLA, e ao utilizá-las ter-se um maior controle sobre quantidade diária ingerida.

Desde a descoberta do CLA as pesquisas têm enfatizado suas propriedades benéficas à saúde, como estimulação da ação da insulina, redução da gordura corporal, modulação do sistema imune e poder anticarcinogênico. Porém, alguns estudos mais recentes que analisaram os efeitos dos isômeros separados, demonstraram que o isômero trans-10, cis-12 estimulou a hiperplasia do epitélio e acelerou o desenvolvimento de câncer em ratas, assim como foi observado o aumento da resistência à insulina em humanos com diabetes tipo 2. Desta forma, são necessários maiores estudos sobre os efeitos dos diferentes isômeros no metabolismo para elucidar dúvidas ainda existentes, assim saberemos qual é o isômero que pode ser suplementado na dieta animal e humana.

O uso do ácido linoleico conjugado em dietas de frangos também apresenta muitos resultados contraditórios quanto à redução de tecido adiposo e desempenho dos animais. Há necessidade de mais estudos para responder questionamentos quanto aos efeitos do CLA em frangos, sendo que é possível perceber que são muitas as variáveis que influenciam os mecanismos de ação do CLA, tanto associadas ao animal, como idade, quanto associadas ao próprio CLA, como a mistura de isômeros utilizada.

5. REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

- ALBERTAZZI, P.; COUPLAND, K. Polyunsaturated fatty acids. Is there a role in postmenopausal osteoporosis prevention? **Maturitas**, Amsterdam, v. 42, n. 1, p. 13-22, 2002.
- ALETOR, V. A. et al. The effects of conjugated linoleic acids or an alpha-glucosidase inhibitor on tissue lipid concentrations and fatty acid composition of broiler chicks fed a low-protein diet. **Poultry Science**, v. 82, n. 5, p. 796-804, 2003.
- ANJO, D. F. C. Alimentos funcionais em angiologia e cirurgia vascular. **Jornal Vascular Brasileiro**, [S.l.], v. 3, n. 2, p. 145-154, 2004.
- AZAIN, M. J. et al. Dietary conjugated linoleic acid reduces rat adipose tissue cell size rather than cell number. **The Journal of Nutrition**, Rockville, v. 130, n. 6, p. 1548-1554, 2000.
- BADINGA, L. et al. Dietary conjugated linoleic acid alters hepatic lipid content and fatty acid composition in broiler chickens. **Poultry Science**, Oxford, v. 82, n. 1, p. 111-116, 2003.
- BAUMAN, D. E.; GRINARI, J. M. Regulation and nutritional manipulation of milk fat: low-fat milk syndrome. **Livestock Production Science**, Amsterdam, v. 70, n. 1-2, p. 15-29, 2001.
- BELURY, M. A. Inhibition of carcinogenesis by conjugated linoleic acid: potential mechanisms of action. **The Journal of Nutrition**, Rockville, v. 132, n. 10, p. 2995-2998, 2002.
- BHATTACHARYA, A. et al. Biological effects of conjugated linoleic acids in health and disease. **The Journal of Nutritional Biochemistry**, New York, v. 17, n. 12, p. 789-810.
- BLANKSON, H. et al. Conjugated linoleic acid reduces body fat mass in overweight and obese humans. **The Journal of Nutrition**, Rockville, v. 130, n. 12, p. 2943-2948, 2000.
- BRODIE, A. E. et al. Conjugated linoleic acid inhibits differentiation of pre-and post-confluent 3T3-L1 preadipocytes but inhibits cell proliferation only in pre-confluent cells. **The Journal of Nutrition**, Rockville, v. 129, n. 3 p. 602-606, 1999.
- BROUGHTON, K. S. et al. Reduced asthma symptoms with n-3 fatty acid ingestion are related to 5-series leukotriene production. **The American Journal of Clinical Nutrition**, Bethesda, v. 65, n. 4, p. 1011-1017, 1997.
- BROWN, J. et al. Trans-10, cis-12, but not cis-9, trans-11, conjugated linoleic acid attenuates lipogenesis in primary cultures of stromal vascular cells from human adipose tissue. **The Journal of Nutrition**, Rockville, v. 131, n. 9, p. 2316-2321, 2001.
- BUCCIONI, A. et al. Effect of oleic and conjugated linoleic acid in the diet of broiler chickens on the live growth performances, carcass traits and meat fatty

acid profile. **Italian Journal of Animal Science**, Bologna, v. 8, n. 4, p. 603-614, 2009.

CALDER, P. C. n-3 polyunsaturated fatty acids and cytokine production in health and disease. **Annals of Nutrition and Metabolism**, Basel, v. 41, n. 4, p. 203-234, 1997.

CALVANI, M.; BENATTI, P. **Polyunsaturated Fatty Acids (PUFA)**. SI: Sigma-tau, 2003.

CARTA, G. et al. Modulation of lipid metabolism and vitamin A by conjugated linoleic acid. **Prostaglandins, Leukotrienes and Essential Fatty Acids**, Edinburgh, v. 67, n. 2, p. 187-191, 2002.

CHEN, B.-Q. et al. Inhibition of conjugated linoleic acid on mouse forestomach neoplasia induced by benzo (a) pyrene and chemopreventive mechanisms. **World Journal of Gastroenterology**, Pleasanton v. 9, n. 1, p. 44-49, 2003.

CHEN, Y. et al. Docosahexaenoic acid modulates the interactions of the interphotoreceptor retinoid-binding protein with 11-cis-retinal. **Journal of Biological Chemistry**, Baltimore, v. 271, n. 34, p. 20507-20515, 1996.

CHERIAN, G.; SIM, J. Preferential accumulation of n-3 fatty acids in the brain of chicks from eggs enriched with n-3 fatty acids. **Poultry Science**, Oxford, v. 71, n. 10, p. 1658-1668, 1992.

CHO, S. et al. Effect of conjugated linoleic acid feeding on the growth performance and meat fatty acid profiles in broiler: meta-analysis. **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences**, Seoul, v. 26, n. 7, p. 995-1002, 2013.

CHOI, J. S. et al. Effect of conjugated linoleic acid isomers on insulin resistance and mRNA levels of genes regulating energy metabolism in high-fat-fed rats. **Nutrition**, Tarrytown, v. 20, n.11, p. 1008-1017, 2004.

CHOI, Y. et al. The trans-10, cis-12 isomer of conjugated linoleic acid downregulates stearoyl-CoA desaturase 1 gene expression in 3T3-L1 adipocytes. **The Journal of Nutrition**, Rockville, v. 130, n. 8, p. 1920-1924, 2000.

CHUJO, H. et al. Effect of conjugated linoleic acid isomers on growth factor-induced proliferation of human breast cancer cells. **Cancer Letters**, Limerick, v. 202, n. 1, p. 81-87, 2003.

DU, M.; AHN, D. U. Effect of dietary conjugated linoleic acid on the growth rate of live birds and on the abdominal fat content and quality of broiler meat. **Poultry Science**, Oxford, v. 81, n. 3, p. 428-433, 2002.

DUARTE, F. D. et al. Efeito da inclusão de diferentes fontes lipídicas em dietas para frangos de corte sobre o desempenho, rendimento e composição da carcaça. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 62, n. 2, p. 439-444, 2010.

EDER, K.; RINGSEIS, R. Metabolism and actions of conjugated linoleic acids on atherosclerosis-related events in vascular endothelial cells and smooth muscle cells. **Molecular Nutrition & Food Research**, Weinheim, v. 54, n. 1, p. 17-36, 2010.

FERNANDES, R. A. et al. Prevalence of dyslipidemia in individuals physically active during childhood, adolescence and adult age. **Arquivos Brasileiros de Cardiologia**, São Paulo, v. 97, n. 4, p. 317-323, 2011.

GAULLIER, J.-M. et al. Conjugated linoleic acid supplementation for 1 y reduces body fat mass in healthy overweight humans. **The American Journal of Clinical Nutrition**, v. 79, n. 6, p. 1118-1125, 2004.

GOUVÊA, M. M. et al. Ácidos Linoleicos Conjugados (ALC)–Os Benefícios que Exercem sobre a Saúde Humana e as Principais Metodologias Analíticas Aplicadas para a sua Determinação em Leites. **Revista Virtual de Química**, São Paulo, v. 4, n. 6, p. 653-669, 2012.

HALLE, I. et al. Effects of dietary conjugated linoleic acid on the growth performance of chickens and ducks for fattening and fatty acid composition of breast meat. **Journal für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit** v. 7, n. 1, p. 3-9, 2012.

HARFOOT, C. G.; HAZLEWOOD, G. P. **Lipid metabolism in the rumen**. The rumen microbial ecosystem. London: Springer, 1997. p. 382-426.

HARGRAVE, K. M. et al. Influence of dietary conjugated linoleic acid and fat source on body fat and apoptosis in mice. **Obesity Research**, Silver Spring, v. 12, n. 9, p. 1435-1444, 2004.

HASLER, C. M. Functional foods: their role in disease prevention and health promotion. **Food Technology Magazine**, v. 52, n. 11, p. 63-147, 1998.

HAYASHI, A. A. **Efeito da suplementação com ácido linoléico conjugado (CLA) na composição do leite, no perfil de ácidos graxos e na atividade de enzimas lipogênicas em ratas lactantes**. 2003. 83 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.

HERRERA, E. et al. Maternal lipid metabolism and placental lipid transfer. **Hormone Research in Paediatrics**, Basel, v. 65, Suppl. 3, p. 59-64, 2006.

HORNSTRA, G. Essential fatty acids in mothers and their neonates. **The American Journal of Clinical Nutrition**, Bethesda, v. 71, n. 5, p. 1262s-1269s, 2000.

INNIS, S. M. Essential fatty acids in growth and development. **Progress in Lipid Research**, Oxford, v. 30, n. 1, p. 39-103, 1991.

IP, C. et al. Conjugated linoleic acid isomers and mammary cancer prevention. **Nutrition and Cancer**, Philadelphia, v. 43, n. 1, p. 52-58, 2002.

- JAKOBSEN, M. U. et al. Major types of dietary fat and risk of coronary heart disease: a pooled analysis of 11 cohort studies. **The American Journal of Clinical Nutrition**, Bethesda, v. 89, n. 5, p. 1425-1432, 2009.
- JAVADI, M. et al. Effect of dietary conjugated linoleic acid on body composition and energy balance in broiler chickens. **British Journal of Nutrition**, Wallingford, v. 98, n. 6, p. 1152-1158, 2007.
- JIANG, W. et al. The effects of conjugated linoleic acid on growth performance, carcass traits, meat quality, antioxidant capacity, and fatty acid composition of broilers fed corn dried distillers grains with solubles. **Poultry Science**, Oxford v. 93, n. 5, p. 1202-1210, 2014.
- KANG, K. et al. Trans-10, cis-12 CLA inhibits differentiation of 3T3-L1 adipocytes and decreases PPAR γ expression. **Biochemical and Biophysical Research Communications**, San Diego, v. 303, n. 3, p. 795-799, 2003.
- KENNEDY, A. et al. Antiobesity mechanisms of action of conjugated linoleic acid. **The Journal of Nutritional Biochemistry**, New York, v. 21, n. 3, p. 171-179, 2010.
- KRIS-ETHERTON, P. M. et al. Fish consumption, fish oil, omega-3 fatty acids, and cardiovascular disease. *Circulation*, Hagerstown, v. 106, n. 21, p. 2747-2757, 2002.
- LAVILLONNIERE, F. et al. Dietary Purified cis-9, trans-11 Conjugated Linoleic Acid Isomer Has Anticarcinogenic Properties in Chemically Induced Mammary Tumors in Rats. **Nutrition and Cancer**, Philadelphia, v. 45, n. 2, p. 190-194, 2003.
- LIN, Y. et al. Different effects of conjugated linoleic acid isomers on lipoprotein lipase activity in 3T3-L1 adipocytes. **The Journal of Nutritional Biochemistry**, New York, v. 12, n. 3, p. 183-189, 2001.
- LORGERIL, M. et al. Mediterranean alpha-linolenic acid-rich diet in secondary prevention of coronary heart disease. **The Lancet**, London, v. 343, n. 8911, p. 1454-1459, 1994.
- LU, B. et al. A small ATPase protein of Arabidopsis, TGD3, involved in chloroplast lipid import. **Journal of Biological Chemistry**, Baltimore, v. 282, n. 49, p. 35945-35953, 2007.
- MARTIN, J.-C.; VALEILLE, K. Conjugated linoleic acids: all the same or to everyone its own function? **Reproduction Nutrition Development**, v. 42, n. 6, p. 525-536, 2002.
- MARTINEZ, M. Restoring the DHA levels in the brains of Zellweger patients. **Journal of Molecular Neuroscience**, Totowa, v. 16, n. 2-3, p. 309-316, 2001.
- MEDEIROS, S. et al. Effects of dietary supplementation of rumen-protected conjugated linoleic acid to grazing cows in early lactation. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 93, n. 3, p. 1126-1137, 2010.

- MICHALIK, L.; WAHLI, W. Involvement of PPAR nuclear receptors in tissue injury and wound repair. **The Journal of Clinical Investigation**, Ann Arbor, v. 116, n. 3, p. 598-606, 2006.
- MIR, Z. et al. Effect of dietary supplementation with either conjugated linoleic acid (CLA) or linoleic acid rich oil on the CLA content of lamb tissues. **Small Ruminant Research**, Amsterdam, v. 36, n. 1, p. 25-31, 2000.
- MIRANDA, J. et al. cis-9, trans-11, cis-15 and cis-9, trans-13, cis-15 CLNA mixture activates PPAR α in HEK293 and reduces triacylglycerols in 3T3-L1 cells. **Lipids**, Berlin, v. 46, n. 11, p. 1005-1012, 2011.
- MORAES, F. P. Alimentos funcionais e nutracêuticos: definições, legislação e benefícios à saúde. **Revista Eletrônica de Farmácia**, v. 3, n. 2, p. 109-122, 2007.
- MUELLER, E. et al. Terminal differentiation of human breast cancer through PPAR γ . **Molecular Cell**, Cambridge, v. 1, n. 3, p. 465-470, 1998.
- NAGAO, K.; T. YANAGITA, T. Conjugated fatty acids in food and their health benefits. **Journal of Bioscience and Bioengineering**, Osaka, v. 100, n. 2, p. 152-157, 2005.
- NAZARE, J.-A. et al. Daily intake of conjugated linoleic acid-enriched yoghurts: effects on energy metabolism and adipose tissue gene expression in healthy subjects. **British Journal of Nutrition**, Wallingford, v. 97, n. 2, p. 273-280, 2007.
- NELSON, D. L.; COX, M. M. **I principi di biochimica di Lehninger**. [S.l.]: Zanichelli, 2014.
- OLIVEIRA, R. et al. Linoleic conjugated acid and fatty acids profile in the muscle and fat layer of water buffalo steers fed different fat sources. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 60, n. 1, p. 169-178, 2008.
- PADILHA, P. C.; PINHEIRO, R. L. O papel dos alimentos funcionais na prevenção e controle do câncer de mama. **Revista Brasileira de Cancerologia**, Rio de Janeiro, v. 50, n. 3, p. 251-260, 2004.
- PARIZA, M. W.; HARGRAVES, W. A. A beef-derived mutagenesis modulator inhibits initiation of mouse epidermal tumors by 7, 12-dimethylbenz [a] anthracene. **Carcinogenesis**, Oxford, v. 6, n. 4, p. 591-593.
- PARIZA, M. W.; PARK, Y.; COOK M. E. The biologically active isomers of conjugated linoleic acid. **Progress in Lipid Research**, Oxford, v. 40, n. 4, p. 283-298, 2001.
- PARK, H. S. et al. Dietary conjugated linoleic acid increases the mRNA ratio of Bax/Bcl-2 in the colonic mucosa of rats. **The Journal of Nutritional Biochemistry**, New York, v. 15, n. 4, p. 229-235, 2004.
- PARK, Y. et al. Effect of conjugated linoleic acid on body composition in mice. **Lipids**, Berlin, v. 32, n. 8, p. 853-858, 1997.

PARK, Y. et al. Evidence that the trans-10, cis-12 isomer of conjugated linoleic acid induces body composition changes in mice. **Lipids**, Berlin, v. 34, n. 3, p. 235-241, 1999.

PEDRAZA, D. F. Padrões Alimentares: da teoria à prática –o caso do Brasil. **Revista virtual de humanidades**, Fortaleza, v. 3, n. 9, p. 104-114, 2004.

PIOMELLI, D. Eicosanoids in synaptic transmission. **Critical Reviews in Neurobiology**, New York, v. 8, n. 1-2, p. 65-83, 1993.

POPKIN, B. M. Nutritional patterns and transitions. **Population and development review**, New York, v. 19, n. 1, p. 138-157, 1993.

RINGSEIS, R. et al. CLA isomers inhibit TNF α -induced eicosanoid release from human vascular smooth muscle cells via a PPAR γ ligand-like action. **Biochimica et Biophysica Acta (BBA)-General Subjects**, Amsterdam, v. 1760, n. 2, p. 290-300, 2006.

ROBERFROID, M. B. Functional foods: concepts and application to inulin and oligofructose. **British Journal of Nutrition**, Wallingford, v. 87, S2, p. S139-S143, 2002.

RYDER, J. et al. Isomer-specific antidiabetic properties of conjugated linoleic acid improved glucose tolerance, skeletal muscle insulin action, and UCP-2 gene expression. **Diabetes**, Alexandria, v. 50, n. 5, p. 1149-1157, 2001.

RYMER, C.; D. GIVENS, D. n-3 fatty acid enrichment of edible tissue of poultry: a review. **Lipids**, Berlin, v. 40, n. 2, p. 121-130, 2005.

SANDERS, T. A. Essential fatty acid requirements of vegetarians in pregnancy, lactation, and infancy. **The American Journal of Clinical Nutrition**, Bethesda, v. 70, n. 3, p. 555s-559s, 1999.

SANGIOVANNI, J. P. et al. Dietary essential fatty acids, long-chain polyunsaturated fatty acids, and visual resolution acuity in healthy fullterm infants: a systematic review. **Early Human Development**, Amsterdam, v. 57, n. 3, p. 165-188, 2000.

SANZ, M. et al. Abdominal fat deposition and fatty acid synthesis are lower and β -oxidation is higher in broiler chickens fed diets containing unsaturated rather than saturated fat. **The Journal of Nutrition**, Rockville, v. 130, n. 12, p. 3034-3037, 2000.

SARRAF, P. et al. Loss-of-function mutations in PPAR γ associated with human colon cancer. **Molecular Cell**, Cambridge, v. 3, n. 6, p. 799-804, 1999.

SCHAFFER, J. E. Fatty acid transport: the roads taken. **American Journal of Physiology-Endocrinology and Metabolism**, Bethesda, v. 282, n. 2, p. E239-E246, 2002.

SCHMID, A. et al. Conjugated linoleic acid in meat and meat products: A review. **Meat Science**, Oxford, v. 73, n. 1, p. 29-41, 2006.

- SIMON, O. et al. Effects of conjugated linoleic acids on protein to fat proportions, fatty acids, and plasma lipids in broilers. **European Journal of Lipid Science and Technology**, Weinheim, v. 102, n. 6, p. 402-410, 2000.
- SIMOPOULOS, A. P. Omega-6/omega-3 essential fatty acid ratio and chronic diseases. **Food Reviews International**, New York, v. 20, n. 1, p. 77-90, 2004.
- SIRRI, F. et al. Fatty acid composition and productive traits of broiler fed diets containing conjugated linoleic acid. **Poultry Science**, Oxford, v. 82, n. 8, p. 1356-1361, 2003.
- SISK, M. B. et al. Dietary conjugated linoleic acid reduces adiposity in lean but not obese Zucker rats. **The Journal of Nutrition**, Rockville, v. 131, n. 6, p. 1668-1674, 2001.
- SPRECHER, S.; FELMLEE, D. The influence of parents and friends on the quality and stability of romantic relationships: A three-wave longitudinal investigation. **Journal of Marriage and the Family**, Menasha, v. 54, n. 4, p. 888-900, 1992.
- STORKSON, J. M. et al. Effects of trans-10, cis-12 conjugated linoleic acid and cognates on apolipoprotein B secretion in HepG2 cells. **Nutrition Research**, Tarrytown, v. 25, n. 4, p. 387-399, 2005.
- SUKSOMBAT, W. et al. Effects of various levels of conjugated linoleic acid supplementation on fatty acid content and carcass composition of broilers. **Poultry Science**, Champaign, v. 86, n. 2, p. 318-324, 2007.
- SZYMCZYK, B. et al. Effects of conjugated linoleic acid on growth performance, feed conversion efficiency, and subsequent carcass quality in broiler chickens. **British Journal of Nutrition**, Wallingford, v. 85, n. 04, p. 465-473, 2001.
- TAKAHASHI, Y. et al. Dietary conjugated linoleic acid reduces body fat mass and affects gene expression of proteins regulating energy metabolism in mice. **Comparative Biochemistry and Physiology Part B: Biochemistry and Molecular Biology**, Oxford, v. 133, n. 3, p. 395-404, 2002.
- THOM, E. et al. Conjugated linoleic acid reduces body fat in healthy exercising humans. **Journal of International Medical Research**, London, v. 29, n. 5, p. 392-396, 2001.
- TONHATI, H. et al. (Milk fatty acid characterization and genetic parameter estimates for milk conjugated linoleic acid in buffaloes. **Journal of Dairy Research**, London, v. 78, n. 02, p. 178-183, 2011.
- TONTONOZ, P.; SPIEGELMAN, B. M. Fat and beyond: the diverse biology of PPAR γ . **Annual Review of Biochemistry**, Palo Alto, v. 77, p. 289-312, 2008.
- VOORRIPS, L. E. et al. Intake of conjugated linoleic acid, fat, and other fatty acids in relation to postmenopausal breast cancer: the Netherlands Cohort Study on Diet and Cancer. **The American Journal of Clinical Nutrition**, Bethesda, v. 76, n. 4, p. 873-882, 2002.

- WALLACE, R. J. et al. Isomers of conjugated linoleic acids are synthesized via different mechanisms in ruminal digesta and bacteria. **Journal of Lipid Research**, Bethesda, v. 48, n. 10, p. 2247-2254, 2007.
- WALZEM, R. L. Functional foods. **Trends in Food Science & Technology**, Cambridge, v. 15, n. 11, p. 518, 2004.
- WANDERLEY, F. A. et al. Differential responses of adiposity, inflammation and autonomic function to aerobic versus resistance training in older adults. **Experimental Gerontology**, Oxford, v. 48, n. 3, p. 326-333, 2013.
- WANG, Y.; JONES, P. J. Conjugated linoleic acid and obesity control: efficacy and mechanisms. **International Journal of Obesity**, London, v. 28, n. 8, p. 941-955, 2004.
- WATKINS, S. M.; GERMAN, B. J. Unsaturated fatty acids. In: AKOH, C. C.; MIN, D. B. (Ed.). **Food lipids: chemistry, nutrition, and biotechnology**. 2. ed. New York: Marcel Dekker, Inc., 2002. p. 559-588.
- WEST, D. B. et al. Effects of conjugated linoleic acid on body fat and energy metabolism in the mouse. **American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology**, Bethesda, v. 275, n. 3, p. R667-R672, 1998.
- WORLD HEALTH ORGANIZATION WHO and FAO Joint Consultation: fats and oils in human nutrition. **Nutrition Reviews**, Oxford, v. 53, n. 7, p. 202-205, 1995.
- YEHUDA, R. Post-traumatic stress disorder. **New England Journal of Medicine**, Boston, v. 346, n. 2, p. 108-114, 2002.
- YOUDIM, K. A. et al. Essential fatty acids and the brain: possible health implications. **International Journal of Developmental Neuroscience**, Oxford, v. 18, n. 4, p. 383-399, 2000.
- YUAN, G. et al. Modulation of peroxisome proliferator-activated receptor gamma (PPAR γ) by conjugated fatty acid in obesity and inflammatory bowel disease. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 63, n. 7, p. 1883-1895, 2015.
- ZAMBELL, K. L. et al. Conjugated linoleic acid supplementation in humans: effects on body composition and energy expenditure. **Lipids**, Berlin, v. 35, n. 7, p. 777-782, 2000.
- ZHANG, H. et al. Conjugated linoleic acid enhanced the immune function in broiler chicks. **British Journal of Nutrition**, Wallingford, v. 94, n. 05, p. 746-752, 2005.
- ZHANG, H. et al. Dietary conjugated linoleic acid improves antioxidant capacity in broiler chicks. **British Poultry Science**, Abingdon, v. 49, n. 2, p. 213-221, 2008.

APÉNDICE I

Normas da revista Journal of Food Science para confecção do artigo apresentado nesta dissertação



I. Mission Statement

- The Institute of Food Technologists™ (IFT) publishes peer-reviewed scientific journals to provide subscribers with high-quality scientific information in the area of food science and technology. The *Journal of Food Science (JFS)*, available with subscription online and/or in print, provides results of original research and short interpretive reviews on the physical, chemical, and biological aspects of food science and technology. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety (CRFSFS)*, available online only, open access, provides in-depth interpretive reviews in these same areas, and in risk analysis. The *Journal of Food Science Education (JFSE)*, available online only, open access, provides information relevant to those involved in food science education at all levels.
- IFT is dedicated to maintaining the highest standards of professional ethics, accuracy, and quality in all matters related to handling manuscripts and reporting scientific information.

II. Aim and Scope

- The aim of the *Journal of Food Science* is to offer scientists an international forum for research at the forefront of food science. The *Journal of Food Science* publishes peer-reviewed articles that cover all aspects of food science, including the interrelationships with health and nutrition. Manuscript length for all sections, except Concise Reviews and Hypotheses in Food Science, should be no more than 7,500 words (including references; excluding tables and figures). Concise reviews should be under 10,000 words (including references; excluding tables and figures). Our goal is to publish articles that advance the science of food. Manuscripts that cover a simple comparison among treatments, without demonstrating advances to the science beyond treatment effects, may be returned without review. To be acceptable, a manuscript, in addition to being of high quality, must be considered important and relevant by the majority of our readers. Manuscripts with only local interest

and/or a lack of significant scientific contribution will not be considered.

Editor in Chief: E. Allen Foegeding

III. Journal Policies

A. Authorship Criteria and Author Responsibilities

1. Author criteria

- Authorship is restricted to those who have contributed substantially to one or more of the following aspects of the work: conception, planning, execution, writing, interpretation, or statistical analysis. Each author's primary contribution(s) should be listed in your manuscript.

- All authors must be willing to assume public responsibility for the validity of the work.

- Ghost, guest, honorary, or anonymous authorship is not allowed. Contributors who do not qualify for authorship should be mentioned in the acknowledgments.

2. Exclusivity of work

- The corresponding author must verify, on behalf of all authors (if more than one), that neither this manuscript nor one with substantially similar content has been published, accepted for publication, or is being considered for publication elsewhere, except as described in an attachment. It is the authors' responsibility to ensure the integrity of all submitted works. For further guidance, see Wiley's "Best Practice Guidelines on Publishing Ethics: A Publisher's Perspective" at <http://exchanges.wiley.com/ethicsguidelines>

- The editorial staff will check all manuscripts for plagiarism and improperly-cited content with similarity detection software. If sections of text, figures, or tables are found that are (1) the same as in authors' previous manuscripts (self-plagiarism) or (2) copied from other manuscripts, they will be considered ethical violations and the manuscript will be rejected and author sanctions considered.

3. Conflicts of interest

- Each author must disclose any meaningful affiliation or involvement, direct or indirect, with any organization or entity with a direct financial interest in the subject matter or materials discussed (e.g., employment, consultancies, stock ownership, grants,

patents received or pending, royalties, honoraria, expert testimony) in the past 3 years, or longer if readers might perceive that a potential conflict of interest exists. In the interest of transparency, it is better to err on the side of caution and disclose any perceived conflicts. These kinds of financial involvement are fairly common, unavoidable, and generally do not constitute a basis for rejecting a manuscript. A statement of disclosure should be included in the Acknowledgment section of the manuscript, along with a listing of all sources of support for the work, both financial and material.

4. Ethical issues

- If the work involves experimentation on living animals, authors must provide evidence that it was performed in accordance with local ethical guidelines. In the case of work involving human beings, evidence must be provided that it was performed with the approval of the local ethics committee.
- Authors are expected to adhere to established ethical best practices, such as the Committee on Publication Ethics (COPE) International Standards, online at <http://publicationethics.org/resources/international-standards-for-editors-and-authors>.

B. Copyright

- The corresponding author will be asked to digitally sign a Copyright Transfer Agreement on behalf of all authors upon acceptance of the manuscript, transferring copyright to IFT (except in cases where the work cannot be copyrighted, e.g., works authored solely by U.S. government employees as part of their employment duties). Copyright terms and authors' rights are available at https://mc.manuscriptcentral.com/societyimages/jfs/IFT_Journals-CTA_Terms.pdf
- Reproduction of all or any significant portion of an IFT publication is prohibited without permission. Authors have the right to reproduce portions of their own papers with proper acknowledgment and retain the right to any patentable subject material that might be contained therein. Permissions may be requested online through Rightslink by locating the article you want to reuse and clicking on the "Request Permissions" link under the "Article Tools" menu on the abstract page. Go to <http://onlinelibrary.wiley.com/journal/10.111>

1/ISSN%291750-

3841/homepage/Permissions.html for more details.

C. Disclaimer

- Opinions expressed in articles published in an IFT journal are those of the author(s) and do not necessarily represent opinions of IFT. IFT does not guarantee the appropriateness, for any purpose, of any method, product, process, or device described or identified in an article. Trade names, when used, are only for identification and do not constitute endorsement by IFT.

D. Criteria for Manuscript Acceptance

- Factors considered when judging the suitability of a manuscript for publication are: interest readers will have in the subject; relevance to human foods; originality; scientific quality (including appropriateness of the experimental design and methods, depth of investigation, proper statistical analysis of the data); importance and substance of the results; and the thoroughness and accuracy with which the results are interpreted. IFT membership is not a prerequisite for publication.
- There is a 7,500 word limit for research papers in *Journal of Food Science*. For Concise Reviews and Hypotheses papers, there is a 10,000 word limit. Reviews over 10,000 words should be submitted to *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*.

E. Page and Color Charges

- There are no page charges for *IFT members*. For *non-IFT-members*, page charges of \$120 per published page are assessed prior to publication. When payment is possible only from personal funds, and this would impose undue financial hardship, a request for full or partial waiver of this charge may be made, prior to publication. In this instance, a written statement certifying that the author's employer is unable to pay because of financial distress, and that the author cannot personally pay because this would impose an undue financial burden, signed by both the author and the employer, should be sent to the editorial office via fax at +1.312.596.5676 or e-mail at jfs@ift.org.
- Papers published in the Concise Reviews and Hypotheses in Food Science section are exempt from page charges.
- For all authors, there is a \$500 per figure fee for color in print. By default we will

publish color online but greyscale in print at no charge.

F. Fast Track Handling of Select Submissions

- Manuscripts of the highest quality, originality, and importance to the field may be considered for fast tracking in the review and publication processes. The review process for fast track papers takes half the time of a normal submission; authors and reviewers are asked to complete tasks in shorter timeframes. Authors may request fast tracking by checking the Fast Track box in the online submission form and must submit a cover letter stating why the paper should be considered for fast tracking. The Scientific Editor may approve or deny the fast track request. Fast track is available within all 8 sections of *JFS*.

G. Reprints

- Reprint ordering information is provided to the author prior to publication. Reprints can also be ordered any time after publication.

H. Permission to Publish

- If the paper has been presented at a meeting of an organization other than IFT, the author must certify that he/she has permission to publish it with IFT.

I. Letters to the Editor

- Comments, observations, different perspectives, and suggestions for improving concepts and techniques previously published, or for the need for research in specific areas, are welcome and accepted. Send letters to E. Allen Foegeding at allen_foegeding@ncsu.edu.

J. Feature Articles and Cover Images

- Each issue of *JFS* has a cover image depicting the results of a manuscript published in that issue. Cover credit is given within the table of contents. Authors may submit images for consideration to be on the cover; the minimum quality requirement is 300 dpi at 8" x 8" as a native file in TIFF or EPS format. For more detail on cover image submission, contact the journal office at jfs@ift.org.
- The editors may choose an article to feature in each issue. Featured Articles will be selected based on (1) originality and impact on food science and (2) the image used to convey the significant findings. If

your manuscript is selected as the Featured Article, it will have an image on the cover and be highlighted in the issue. Images do not have to be the same as figures presented in the article. They can be composite works showing several data images and words to concisely convey the message. You may contact the editor if you would like your paper to be considered for a Feature Article.

K. OnlineOpen

- OnlineOpen is available to authors of primary research articles who wish to make their article available to non-subscribers upon publication, or whose funding agency requires grantees to archive the final version of their article. With OnlineOpen, the author, the author's funding agency, or the author's institution pays a fee to ensure that the article is made available to non-subscribers upon publication via Wiley Online Library, as well as deposited in the funding agency's preferred archive. For the full list of terms and conditions, see http://wileyonlinelibrary.com/onlineopen#OnlineOpen_Terms. Authors wishing to send their paper OnlineOpen will be required to complete the payment form available from: https://authorservices.wiley.com/bauthor/onlineopen_order.asp.

Online Open articles are subject to a Creative Commons license, instead of traditional copyright transfer to IFT.

Prior to acceptance, there is no requirement to inform the editorial office that you intend to publish your paper OnlineOpen. All OnlineOpen articles are treated in the same way as any other article. They go through the journal's standard peer-review process and will be accepted or rejected based on their own merit.

L. Referrals to the Wiley Open Access Journal *Food Science & Nutrition*

- *JFS* works together with Wiley's Open Access Journal, *Food Science & Nutrition*, to enable rapid publication of good quality research that is unable to be accepted for publication by our journals. Authors may be offered the option of having the paper, along with any related peer reviews, automatically transferred for consideration by the Editor of *Food Science & Nutrition*. Authors will not need to reformat or rewrite their manuscript at this stage, and publication decisions will be made a short time after the transfer takes

place. The Editor of *Food Science & Nutrition* will accept submissions that report well-conducted research which reaches the standard acceptable for publication. *Food Science & Nutrition* is a Wiley Open Access journal and article publication fees apply. For more information, please go to www.foodscience-nutrition.com.

IV. Aims & Scopes of JFS Sections

A. Sections

- Concise Reviews and Hypotheses in Food Science

Scientific Editor: E. Allen Foegeding. This section covers all aspects of food science identified in the descriptions of sections in JFS. Reviews should provide in-depth coverage of a narrowly defined topic, and embody careful evaluation of all pertinent studies (weaknesses, strengths, and explanation of discrepancies in results among similar studies), so that insightful interpretations and conclusions can be presented. Hypothesis manuscripts are appropriate in pioneering areas of research or important areas that are impacted by scientific controversy.

- Food Chemistry

Scientific Editor: Youling Xiong. Basic and applied chemical research on food constituents to understand their role in determining food quality, safety, nutrition, and health. The constituents may include those that are naturally present (e.g. macro- and micro-nutrients, fibers, and phytochemicals) or added (e.g. additives, preservatives, and functional ingredients) to the food. Manuscripts lacking focused chemical research (chemical reactions, processes, or interactions as related to food) to address a specific hypothesis or mechanism, to establish or improve an analytical method, or to improve the current understanding of food chemistry, are outside the Aim and Scope of the Food Chemistry section.

- Food Engineering and Materials Science

Scientific Editor: Shyam Sablani. Original research on engineering aspects of unit operations associated with food processing and food waste recovery, with emphasis on systems design and analysis, process modeling, simulation, and optimization, as well as: materials science of food and food packaging, including theoretical and practical aspects of materials from atomic to molecular, and bulk levels, relationship

between processing, structure, properties and performance of food and packaging materials. Manuscripts submitted to this section should provide evidence of advancing quantitative understanding of the food processes and/or mechanistic behavior of food and packaging materials.

- Food Microbiology and Safety

Scientific Editor: Lihan Huang. Original research on basic and applied aspects of foodborne pathogens and spoilage organisms; food fermentation and preservation; microbial growth and inactivation; and microbial detection methods. Efficacy of new processing technologies for achieving microbial inactivation; molecular basis for microbial inactivation and inhibition through genome sequencing and mapping; molecular technologies to assist in the rapid identification and discrimination of target pathogens; behavior of probiotic bacteria and starter cultures towards bacterial pathogens; microbiological criteria for foods for regulatory and food safety assurance; epidemiological surveillance of bacterial pathogens; novel chemicals, food components, or technologies which promote food safety by achieving microbial/viral/parasite inactivation or inhibition; and mathematical modeling to predict the behavior of pathogen/food interactions.

- Sensory and Food Quality

Scientific Editor: Herbert Stone. Original and applied research related to the sensory and quality assessment of products. The evaluations may cover appearance, aroma, taste in the mouth, texture in the mouth, and aftertaste. They could also include liking/preference, but not from the same subjects/consumers. Consumer evaluations that contain imagery and related measures in addition to liking/preferences also are welcome. Research about quality including variables such as ingredients, processing, packaging, and shelf-life are also of interest as are new proposals for data analysis. Quantitative information is emphasized.

- Nanoscale Food Science, Engineering, and Technology

Scientific Editor: Shyam Sablani. Original research on fundamental principles of producing, analyzing, and characterizing nanoscale food particles (materials with at least 1 dimension at roughly between 1 to 100 nm); detection, identification, quantification, and characterization of engineered nanoscale particles in food;

nanoscale-based devices and systems for detection and intervention technologies for food safety and quality; characterization and standards include transport phenomena, kinetics, catalysis, and rheological investigations on functionality of nanoscale food particles in dispersions, gels, foams, and emulsions; experimental and theoretical studies on product stability and sensory properties; toxicological, physiological, and metabolic studies; societal considerations; application of nonfood nanoscale particles that extend the shelf life of foods, such as packaging.

- Health, Nutrition, and Food

Scientific Editor: Sam Chang. Original research that integrates food science and technology with applied personal and public health nutrition. Topics may include: studies on nutritional and health impacts of foods and food components using human subjects or appropriate animal models; adaptation and application of technologies that enhance the content and/or biological availability of healthful components in foods; effects of postharvest handling, processing, and storage on the stability and biological activity of bioactive food components and nutraceuticals; preparation and analysis of functional foods; and methods development for analysis of bioactive food ingredients and their metabolites. Authors are encouraged to use modern concepts of translational science to rapidly move fundamental research to proof of principle and finally into practical use. Manuscripts will be rejected for the following reasons: (1) Study of non-food based materials (e.g. derivatives from chemical, biochemical, and/or other process); (2) Study without sufficient qualitatively and quantitatively data on the chemical identification, characterization, and standardization relating to all individual bioactive components involved.

- Toxicology and Chemical Food Safety

Scientific Editor: Lauren S. Jackson. Original research papers on occurrence, safety and toxicological evaluation, detoxification, conditions of formation and destruction, analysis, regulatory control, and surveillance of natural and manmade chemical compounds in food including pesticide and veterinary drug residues, environmental contaminants, anti-nutritive compounds, natural toxins, mycotoxins, trace elements, migrants from food packaging, contaminants and toxic components formed during food processing, and food allergens; toxic effects, in animals or humans, of natural or man-made chemical compounds occurring in food and possible adverse health effects created by the interaction of components within the food matrix to scripted or OTC

medications or dietary supplements. Manuscripts that do not cover topics pertaining to the occurrence, analysis, formation, safety or toxicological properties of natural and man-made chemical constituents or contaminants in food; lack research focus; or do not improve the current understanding of chemical food safety and toxicology are outside the scope of the section.

B. Performance Attributes

- Data from Journal Citation Reports, 2014 Impact Factor 1.696; rank: 48/123 journals in Food Science & Technology.
- Acceptance rate (2014): about 16%.
- Submit-to-1st decision average time: 29 days
- Submit-to-accept average time: 114 days (includes author revision time)

V. Preparing Your Manuscript

A. General Instructions

1. Language, units of measurement, and symbols

- Use the English language (American spelling and usage) and the SI system (Système International d'Unités, "International Units") for measurements and units.

2. Style and format

- Your manuscript should be consistent with the *Scientific Style and Format: The CSE Manual for Authors, Editors, and Publishers*. 2006, 8th ed. (Chicago: Univ. of Chicago Press). For convenience, refer to articles in current issues of *JFS* for examples, or contact the editorial office (jfs@ift.org) with your questions.

3. Page format

- Continuous line-numbering for the *entire* manuscript is mandatory.
- Double-space *entire* manuscript.
- Submitted manuscripts *must* list full names for all authors; that is, full first/given name(s), middle initial(s), and last/surname(s).
- Try to restrict individual file sizes to 5Mb maximum. Larger files may be uploaded, but these can lead to download issues for reviewers.

B. Manuscripts on Original Research

- A manuscript template in Microsoft® Word is available in the Authors Corner on ift.org.
- Refer also to "Supplementary Instructions" available at <http://www.ift.org/AuthorsCorner> if your manuscript deals with one of the

following special topics: Sensory Evaluation, Nutrition, Food Engineering, Food Microbiology, Seafood Technology, Fruit & Vegetable Products, or Foodservice.

1. Title page

- Enter name of desired section. The editors may transfer your paper to a more appropriate section if it does not fit the scope of the section you choose.
- Enter full title (be concise) Do not use trade names in titles. Do not use abbreviations and acronyms in titles.
- Enter name(s) of author(s) and author affiliation(s) with complete address(es).
- Provide contact information for the corresponding author, including full name, mailing address, phone, and e-mail address.
 - Enter the word count of the body text, including Abstract, Practical Application, and references but not including tables and figures. For *JFS* research papers, limit the text to 7,500 words or less; for Concise Reviews and Hypotheses papers, limit the text to 10,000 words or less.
 - Enter short version of title (less than 40 letters and spaces).
- Provide previous address(es) of author(s) if research was conducted at a place different from current affiliation.

2. Abstract

- Enter "ABSTRACT:" followed by abstract text not exceeding 250 words; define all acronyms and abbreviations; do not cite references. State in one paragraph what was done, how it was done, major results, and conclusions.
- Upon submission in ScholarOne Manuscripts, you will be asked to provide 5 keywords for indexing purposes. It is recommended to choose keywords from the established list, when possible, to aid in consistency.

3. Practical Application (research papers only; optional)

- The Practical Application is used to highlight your paper for exposure to industry and news media outlets, and may make information about your research more widely known to the public.
- Enter a brief description, in layman's terms, of the potential industrial or consumer application of the research presented in your paper. Keep the description under 100 words, about 1 to 3 sentences, and in language non-scientists can easily understand. The brief should describe

probable uses for your work, whether for direct commercial application, to aid in further research efforts, or for consumer impact. Do not make unreasonable claims that cannot be derived from the work described in the paper.

4. Introduction

- Enter introductory text; review pertinent work; cite key references; explain the importance of the topic and the objectives of your work.

5. Materials and Methods

- Enter text in sufficient detail so work can be repeated. Describe new methods in detail; accepted methods briefly with references. Use subheadings as needed for clarity.
 - Trade names should be avoided in defining products whenever possible. If use of a trade name cannot be avoided, the trade names of other like products also should be mentioned. The first use of a trade name should be followed by the superscript symbol™ or ® and the owner's name, city, state/province, and country in parenthesis. If a product trade name is used, it is imperative that the product be described in sufficient detail so that relationships between product composition and results achieved are evident.
 - The mention of critical, especially novel, supplies and pieces of equipment should be followed, in parenthesis, by name of manufacturer or provider, and on the first mention only, city, state/province, and country (such as Sigma-Aldrich Corp., St. Louis, Mo., U.S.A.).
 - Abbreviations and acronyms. At first use in the text, use full length form, then follow with acronym in parentheses.
 - Statistical analysis. If variation within a treatment (coefficient of variation—the standard deviation divided by the mean) is less than 10% and the difference among treatment means is greater than 3 standard deviations, it is not necessary to conduct a statistical analysis. If the data do not meet these criteria, appropriate statistical analysis must be conducted and reported.

6. Results and Discussion

- Present and discuss results concisely, using figures and tables as needed. Do not present the same information in both figures and tables. Compare results to those previously reported and clearly indicate what new information is contributed by the present study.

7. Conclusions

- State conclusions (not a summary or continuing discussion) briefly in one paragraph and without references.

8. Acknowledgments

- List sources of financial or material support and the names of individuals whose contributions were significant but not deserving of authorship. Any conflicts of interest should be entered here (see section III. A. 3.). Acknowledgment of an employer's permission to publish is not needed.

9. Author Contributions

- List each author's name and primary contribution(s) to this work. For example, "B. Yu designed the study and interpreted the results. L. Smith collected test data and drafted the manuscript."

10. References

- Alphabetically list only those references cited in the text.
- Required format is described in the sidebar on p. 5.

11. Tables

- Enter one table per page after the references. Be sure you have cited each table within the text.
- Enter a short descriptive caption at the top of each table, preceded by an identifying Arabic numeral.
- Columns and their headings are normally used to display the dependent variable(s) being presented in the table. Footnotes should
- The label for each axis should be parallel to, and centered on, the axis; that is, the label for the vertical axis should be rotated 90° counterclockwise from normal.
- be identified by lowercase letters or numbers (e.g., a, b, c; 1, 2, 3) appearing as superscripts in the body of the table and preceding the footnote below the table. The same data should not appear in both tables and figures.
- All data reported in numerical form must take into account significant figures.
- Tables including a large amount of data with few significant differences should instead be described in a sentence along with "(data not shown)".

12. Figures (graphs, charts, photographs, and other illustrations) (*Also see Graphics Guide in the Authors Corner on ift.org*)

(a) General instructions

- Enter one figure per page after the tables (if any). Be sure you have cited each figure within the text.
- Enter the figure number and descriptive caption at the bottom of each figure.

- You are responsible for obtaining permission to reproduce copyrighted figures. Proof of permission to reproduce is required.

- Submit your figures at least twice the size they will appear when published at 300 dots per inch (dpi) or greater.
- Be sure to use lettering, data lines, and symbols sufficiently large and thick to be clearly legible when the figure is reduced to the normal published size.
- All data reported in numerical form must take into account significant figures.
- Avoid redundancy between the figure caption and information in the figure.
- By default, figures submitted in color will be published in color online but grayscale in print at no charge.
- If color is necessary for the print edition, there is a color printing fee of \$500 per figure, invoiced before publication. Otherwise, color figures will be published in color online and converted to grayscale for the print edition.

(b) Special instructions for graphs

- Keep as simple as possible.
- Dependent variable should be presented on the vertical axis (y or ordinate).
- Independent variable should be presented on the horizontal axis (x or abscissa).
- Axis labels should be followed by the units of measurement in parentheses, with abbreviations
- Range of values presented on each axis should be no larger than the range of values being presented.
 - All data reported in numerical form must take into account significant figures.
 - If data lines are close together and/or intersect, do not present more than 4 lines per figure.
 - If data lines are well separated and few or none intersect, a maximum of about 8 lines per figure may be entered.
 - Identify lines directly, if feasible. If not, enter key box at a blank area inside the graph.
 - Avoid simultaneous use of a new symbol and a new line style.
 - Avoid, if possible, presenting more than 8 data bars per figure.
 - Avoid using shades of gray on bars or lines.

13. Appendix or supplemental materials (when needed)

- Appendix may include complicated calculations or detailed nomenclature.
- Supplemental material will be published online only and will be published exactly as

you provide it, with no copyediting. Examples include large data sets or additional tables/figures that will be valuable to readers but are ancillary to the published data.

- Multimedia (audio, video, and animation) files demonstrating important information relevant to the article can be published as supplemental material. The responsibility for scientific accuracy and file functionality remains entirely with the authors. A disclaimer will be displayed to this effect.

- Quicktime, MPEG, or AVI video files are accepted. All video clips must be created with commonly-used codecs, and the codec used should be noted in the supplemental material legend. Test files for playback before submission, preferably on multiple computers/devices, to check for compatibility issues.

C. Review Manuscripts

- Essential elements are title page, abstract, introduction, main text, conclusions, and references. Summary tables and figures dealing with key points should be used liberally. Use headings and subheadings in the main text as needed to improve the clarity and readability of the presentation.

- Topic must be covered in depth and information must be critically evaluated (strengths, weaknesses, discussion of discrepancies in results among similar studies) so that insightful, integrative interpretations and conclusions are achieved.

- Concise Reviews should deal in depth with a narrowly defined topic and be under 10,000 words in the main body text, including abstract and references.

- Authors are encouraged to consult with the Scientific Editor before preparing a review for consideration.

D. Hypothesis Manuscripts

- Essential elements are title page, abstract, main text, conclusions, and references.

- A statement describing the importance of the topic and the objectives of the presentation should appear in the Introduction.

- Follow this with a logical progression of ideas or concepts that provide a rationale for the hypothesis, and end with conclusions, including recommendations for hypothesis-testing research.

- In the main text, use headings and subheadings as needed to improve clarity and readability of the presentation. Body text should be under 10,000 words.

- You are encouraged to consult with the Scientific Editor before preparing a hypothesis paper for consideration.

VI. Submission and Review Process

A. Submitting Your Manuscript

1. Technical requirements

- IFT's journals only accept submissions via our ScholarOne Manuscripts site.

- Manuscripts must be submitted in an editable text format (filetype .doc, .docx, or .rtf). Your computer must be equipped with: (1) current version of a common web browser, Java-enabled (2) current version of Adobe Acrobat Reader; (3) e-mail capability.

2. Getting Started

- Enter <http://mc.manuscriptcentral.com/jfs>
- Create an account or log in. Your default login ID is your e-mail address. (Use your existing account; *do not* create new accounts with new submissions.)

- At the beginning of the submission procedure, you will be asked to select a journal section in which your article fits best.

3. Choosing a Manuscript Type

- If your article is a review under 10,000 words for *JFS*, select Concise Reviews and Hypotheses in Food Science [Section 3].

- If your article is a report on original research, choose one the seven *JFS* research sections (Food Chemistry; Food Engineering and Materials Science; Food Microbiology and Safety; Sensory and Food Quality; Nanoscale Food Science, Engineering, and Technology; Health, Nutrition, and Food; Toxicology and Chemical Food Safety) [Sections 4–10].

Note: This site was designed for *JFS*, but has been modified to accommodate *JFSE* and *CRFSFS*.

4. Completing Submission

- Follow the steps to complete each page in the submission form.

- You must add all co-authors in the required space in the submission form. Provide valid e-mail addresses for all co-authors, and look them up in the system before creating any new accounts.

- Tables (with captions) and figures (with captions) should be inserted at the end, after the references, or in separate files.

- If you are using any content from a previously-published work, upload proof of permission to re-use that content.

- To assist in the review process, the SE, AE, or reviewer may request that the author submit the original data.

- When prompted to do so, please provide the names, titles, and e-mail addresses for up to 4 individuals you consider appropriate referees for your manuscript. Nonpreferred referees may also be named.

- The final step to submit requires that you review your PDF submission. Please check that all of your files appear and are in the correct order. B. Checking on the Status of Your Manuscript

During the review process, the submitting author may track the progress of his/her manuscript at any time by logging onto ScholarOne Manuscripts (<http://mc.manuscriptcentral.com/jfs>).

C. Peer Review

All submitted manuscripts are screened by the section's Scientific Editor (SE) for importance, interest to subscribers, substance, appropriateness for the journal, and general scientific quality. Those failing to meet current standards are rejected by the SE without further review. Those manuscripts meeting these initial standards are sent to an Associate Editor (AE) who assigns referees. Author identities are disclosed to the referees, but referee identities are not disclosed to the author. When the initial review is complete, the AE will send you the referees' suggestions along with his or her suggestions. You are expected to respond to all suggestions either by making appropriate revisions or stating why the suggestions are unreasonable. The AE will consider your revisions, and provide

the SE with a recommendation to accept, revise, or reject your manuscript. If a second revision of a manuscript is still not satisfactory, it may be rejected (but may thereafter re-enter the peer review process if sufficiently updated and revised). You will be informed by the SE of the final decision.

VII. After Your Manuscript is Accepted

- After acceptance, the corresponding author will receive further information on copyright transfer and tracking production of your paper through Wiley Author Services.

- We will use the accepted files on ScholarOne Manuscripts for production. If you need to make final edits suggested by the editor, please e-mail a final file as soon as possible to jfs@ift.org, or you may make those edits at the proofing stage.

- Label all files with the assigned 8-digit *JFS* manuscript ID number and, where necessary, table and figure numbers.

- A few weeks after production of your manuscript begins, you will receive an e-mail with a link to your PDF proof, so you can make any final corrections. You are responsible for all statements appearing in the page proof.

VIII. Queries?

- If you encounter difficulties in submitting your manuscript, or for any other queries, contact the editorial office at jfs@ift.org (phone: +1.312.806.8088, fax: +1.312.596.5676)

Policy Guidelines for Handling Manuscripts Dealing with Sensitive Issues

The following statement was adopted by IFT and the Scientific Editors to address the issue of potential inappropriate use of information published in IFT's scientific journals. We realize this is a sensitive issue between access to information, academic freedom, and personal and community safety. We have tried to craft a statement and process that carefully walks the fine line between these potentially conflicting forces. Since this is a dynamic time, we would appreciate hearing from you if you have concerns.

Statement on Bioterrorism

IFT recognizes that there are valid concerns regarding the publication of information in scientific journals that could be put to inappropriate use. The Editorial Board in concert with the Editor in Chief will evaluate those manuscripts that might raise such issues during the review process. Research articles must contain sufficient detail to permit the work to be repeated by others. ALL Scientific Editors of ALL IFT journals should take the following course of action:

- 1. Ask all reviewers to advise the Scientific Editor and/or Associate Editor, by use of the Confidential Comments section of the review form, if, in their opinion, the manuscript under review describes or could lead to misuses of information on food science and technology.*
- 2. The Scientific Editor will serve as an initial screen with regard to this matter and will likely be the point of contact with the author(s).*
- 3. If a reviewer or Associate Editor brings such a matter to a Scientific Editor's attention, the Scientific Editor will notify the Editor in Chief. No action will be taken for further progress toward publication of the manuscript until the situation is resolved.*
- 4. The Editor in Chief may render a decision or, at his/her discretion, consult the entire Editorial Board or other experts of his/her choosing to determine whether to resume the review process or to decline the manuscript and return it to the author.*

"The Executive Committee of the Institute of Food Technologists affirms the long-standing position of the Institute that food scientists and technologists will work for the proper and beneficent application of science and will call to the attention of the appropriate authorities misuses of information derived from food science and technology. IFT members are obligated to discourage any use of food science and technology contrary to the welfare of humankind. Bioterrorism violates the fundamental principles of the Institute and is abhorrent to the IFT and its members." -January 20, 2004

VITA

Kátia Maria Cardinal, filha de Mirta Beatriz Cardinal e Cireno Cardinal, nasceu em São Leopoldo, Rio Grande do Sul, dia 20 de novembro de 1987.

Ingressou no curso de Zootecnia na Universidade Federal de Santa Maria em outubro de 2006 e obteve o título de Zootecnista em 2013. Em 2007 realizou estágio extracurricular no Laboratório de Avicultura da UFSM sob orientação do Professor Alexandre Pires da Rosa. No período de 2008 até 2012 foi estagiária do Laboratório de Pesquisa e Desenvolvimento de Máquinas Agrícolas, orientada pelo Professor Airton dos Santos Alonço e em 2012 realizou estágio curricular no Laboratório de Avicultura sob orientação do Professor Marcos Martinez do Vale.

Em abril de 2014 ingressou no Programa de pós-graduação em Zootecnia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Área de concentração em Produção Animal, linha de pesquisa de Nutrição de Não-Ruminantes, sob orientação da Professora Andréa Machado Leal Ribeiro. Durante o período do curso de mestrado ajudou na realização de projetos de aves e suínos e desenvolveu seu projeto de pesquisa sobre a utilização de Ácido linoleico conjugado na alimentação de Frangos de Corte.