



# Nutri·Time

Revista Eletrônica

Vol. 16, Nº 02, mar/abr. de 2019

ISSN: 1983-9006

[www.nutritime.com.br](http://www.nutritime.com.br)

A Nutritime Revista Eletrônica é uma publicação bimestral da Nutritime Ltda. Com o objetivo de divulgar revisões de literatura, artigos técnicos e científicos bem como resultados de pesquisa nas áreas de Ciência Animal, através do endereço eletrônico: <http://www.nutritime.com.br>. Todo o conteúdo expresso neste artigo é de inteira responsabilidade dos seus autores.

## RESUMO

O ácido linoleico conjugado (CLA) tem sido objeto de estudo devido a evidências de seus benefícios à saúde de diversas espécies, pois é considerado 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 destacam-se. O CLA tem sido citado por diminuir a concentração de gordura corporal em várias espécies, inclusive em frangos de corte. 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, esta revisão tem como enfoque os benefícios do CLA para a saúde humana como alimento funcional, bem como sua utilização na dieta de frangos de corte para enriquecimento da carne.

**Palavras-chave:** frango de corte, ácidos graxos, alimento funcional, qualidade de carne, performance.

## Enriquecimento de carne de frango com ácido linoleico conjugado: revisão

frango de corte, ácidos graxos, alimento funcional, qualidade de carne, performance.

Kátia M. Cardinal<sup>1\*</sup>

Lucas de M. Vilella<sup>2</sup>

Andréa M.L.Ribeiro<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Doutoranda no Programa de Pós Graduação em Zootecnia – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. \*E-mail: [katia.zootecnia@hotmail.com](mailto:katia.zootecnia@hotmail.com).

<sup>2</sup>Mestrando no Programa de Pós Graduação em Zootecnia – Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

<sup>3</sup>Professora Doutora do Programa de Pós Graduação em Zootecnia – Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

## ENRICHMENT OF CHICKEN MEAT WITH CONJUGATED LINOLEIC ACID: REVIEW ABSTRACT

Conjugated linoleic acid (CLA) has been the object of study due to evidences of its benefits to the health of several species. It is considered to be a potentiator of bone mineralization, modulation of the immune system, acting to reduce the risk of cardiovascular failure and some types of cancer. Among the several molecules that have this characteristic, the cis-9, trans-11 and trans-10, cis-12 isomers are highlighted. CLA has been cited for decreasing the body fat concentration in different species, including in broilers. Several mechanisms have been proposed to explain the influence of CLA, especially the *trans*-10, *cis*-12 isomer, on the reduction and modification of lipid content in the carcass. This ability of the CLA to alter the lipid metabolism is of special interest from the zotechnical point of view, either by the reduction of fat in the meat, by the production of meat with specific or beneficial components to health, considering that the lipid composition of the diet may affect the deposited fatty acid profile. In view of these considerations, this review focuses on the benefits of CLA to human health as a functional food, as well as its use in the diet of broiler chickens for meat enrichment.

**Keyword:** broiler, fatty acid, functional food, meat quality, performance.

## INTRODUÇÃO

É amplamente conhecido o fato de que a dieta tem impacto significativo na saúde humana, e nutrientes específicos podem influenciar a progressão de determinados tipos de câncer. Consequentemente, a busca por ingredientes com propriedades nutracêuticas são foco da indústria de produtos alimentares e agrícola. O ácido linoleico conjugado (CLA) é conhecido por ser um ácido graxo nutracêutico com impacto em diferentes doenças crônicas, como aterosclerose, obesidade, redução da densidade óssea, diabetes e também em câncer (Tontonoz & Spiegelman, 2008; Yuan et al., 2015).

O CLA consiste em uma mistura de isômeros geométricos e posicionais do ácido linoleico. Dentre os diversos isômeros com essas características, destacam-se os *cis-9*, *trans-11* and *trans-10*, *cis-12* em virtude de suas propriedades biológicas (Wallace et al., 2007; Kennedy et al., 2010). Esse ácido graxo é produzido pela biohidrogenação ruminal do ácido linoleico e é encontrado naturalmente em produtos de animais ruminantes, como carne, leite e manteiga. Os animais não ruminantes não são considerados fontes de CLA, porém os isômeros podem ser incorporados nos tecidos quando fornecidos na dieta (Halle et al., 2012; Cardinal et al., 2017). Produzir carne de frango enriquecida com CLA pode ser uma forma prover alimentos saudáveis para o consumo humano e uma oportunidade para a indústria avícola. Porém, devido aos resultados contraditórios em relação a performance dos animais e dos efeitos da suplementação do CLA no perfil de ácidos graxos, é necessário uma análise mais aprofundada da bibliografia disponível, explanando os resultados obtidos por diversos autores e a capacidade do CLA ser um alimento funcional.

## 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 ani-

mais, 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).

### 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 pas-

sagem 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.

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 fosfolipídeos. 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 esciona a preferência pelo substrato de acordo com a ordem:

alfa-linolênico, ácido linoleico e ácido oleico (Duarte et al., 2010).

**Tabela 1.** Síntese dos ácidos graxos da família n-3 e n-6

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-linolênico (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)		Docosaheptaenóico (22:6)

\*Enzimas comuns às duas rotas metabólicas.

Fonte: Adaptada de Lehninger et al. (2014).

O ácido linoleico conjugado (CLA) tem capacidade de interferir no metabolismo de lipídios, 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).

### CONSIDERAÇÕES SOBRE O ÁCIDO LINOLEICO CONJUGADO (CLA)

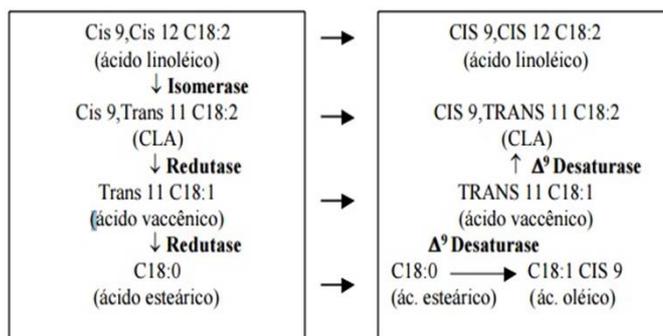
O ácido linoleico conjugado CLA é um ácido graxo

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. Fonte; Adaptada de Bauman & Griinari (2001)



Fonte: 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.

## **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 & 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 anticarcinogênico 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 aos 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 esteroil - 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

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, triglicerídeos, HDL colesterol e glicose sanguínea.

#### **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), Jiang et al. (2014) e Cardinal et al. (2017). 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 aos 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), Cardinal et al., (2017) 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).

### 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).

### CONSIDERAÇÕES FINAIS

O ácido linoleico conjugado pode ser considerado um alimento funcional e quando suplementado na dieta de frangos de corte é uma forma efetiva de enriquecer a carne com os isômeros, independentemente da quantidade suplementada. O CLA reduz a quantidade de ácidos graxos poli-insaturados e aumenta a relação entre os ácidos graxos n-6:n-3 e os níveis de ácidos graxos insaturados. A performance dos frangos de corte não sofre efeitos negativos quando a suplementação é feita em até 1%, porém níveis maiores afetam negativamente o ganho de peso e a conversão alimentar.

### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALBERTAZZI, P.; COUPLAND, K. Polyunsaturated fatty acids. Is there a role in postmenopausal osteoporosis prevention? **Maturitas**, v. 42, n. 1, p. 13-22, 2002. ISSN 0378-5122.
- ALETOR, V. 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. ISSN 0032-5791.
- ANJO, D. F. C. Alimentos funcionais em angiologia e cirurgia vascular. **Jornal Vascular Brasileiro**, v.

Menten 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**, v. 130, n. 6, p. 1548-1554, 2000. ISSN 0022-3166.
- BADINGA, L. et al. Dietary conjugated linoleic acid alters hepatic lipid content and fatty acid composition in broiler chickens. **Poultry science**, v. 82, n. 1, p. 111-116, 2003. ISSN 0032-5791.
- BELURY, M. A. Inhibition of carcinogenesis by conjugated linoleic acid: potential mechanisms of action. **The Journal of nutrition**, v. 132, n. 10, p. 2995-2998, 2002. ISSN 0022-3166.
- BHATTACHARYA, A. et al. Biological effects of conjugated linoleic acids in health and disease. **The Journal of nutritional biochemistry**, v. 17, n. 12, p. 789-810, 2006. ISSN 0955-2863.
- BLANKSON, H. et al. Conjugated linoleic acid reduces body fat mass in overweight and obese humans. **The Journal of nutrition**, v. 130, n. 12, p. 2943-2948, 2000. ISSN 0022-3166.
- 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**, v. 129, n. 3, p. 602-606, 1999. ISSN 0022-3166.
- 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**, v. 65, n. 4, p. 1011-1017, 1997. ISSN 0002-9165.
- 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**, v. 131, n. 9, p. 2316-2321, 2001. ISSN 0022-3166.
- 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**, v. 8, n. 4, p. 603-614, 2009. ISSN 1828-051X.
- CALDER, P. C. n-3 polyunsaturated fatty acids and cytokine production in health and disease. **Annals of Nutrition and Metabolism**, v. 41, n. 4, p. 203-234, 1997. ISSN 1421-9697.
- CARDINAL, Kátia Maria et al. Effects of Dietary Conjugated Linoleic Acid on Broiler Performance and Carcass Characteristics. **Journal of Agricultural Science**, v. 9, n. 5, p. 208, 2017.
- CARTA, G. et al. Modulation of lipid metabolism and vitamin A by conjugated linoleic acid. **Prostaglandins, leukotrienes and essential fatty acids**, v. 67, n. 2, p. 187-191, 2002. ISSN 0952-3278.
- 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**, v. 9, n. 1, p. 44-49, 2003. ISSN 1007-9327.
- CHEN, Y. et al. Docosahexaenoic acid modulates the interactions of the interphotoreceptor retinoid-binding protein with 11-cis-retinal. **Journal of Biological Chemistry**, v. 271, n. 34, p. 20507-20515, 1996. ISSN 0021-9258.
- 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**, v. 71, n. 10, p. 1658-1668, 1992. ISSN 0032-5791.
- 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**, v. 26, n. 7, p. 995, 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**, v. 20, n. 11, p. 1008-1017, 2004. ISSN 0899-9007.
- 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**, v. 130, n. 8, p. 1920-1924, 2000. ISSN 0022-3166.
- CHUJO, H. et al. Effect of conjugated linoleic acid isomers on growth factor-induced proliferation of human breast cancer cells. **Cancer letters**, v. 202, n. 1, p. 81-87, 2003. ISSN 0304-3835.
- DE CARVALHO PADILHA, P.; DE LIMA PINHEIRO, R. O papel dos alimentos funcionais na prevenção e controle do câncer de mama. **Revista Brasileira de Cancerologia**, v. 50, n. 3, p. 251-260, 2004.

- DE LORGERIL, M. et al. Mediterranean alpha-linolenic acid-rich diet in secondary prevention of coronary heart disease. **The Lancet**, v. 343, n. 8911, p. 1454-1459, 1994. ISSN 0140-6736.
- DU, M.; AHN, D. 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**, v. 81, n. 3, p. 428-433, 2002. ISSN 0032-5791.
- DUARTE, F. et al. 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**, v. 62, n. 2, p. 439-444, 2010. ISSN 0102-0935.
- 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**, v. 54, n. 1, p. 17-36, 2010. ISSN 1613-4133.
- FERNANDES, R. A. et al. Prevalence of dyslipidemia in individuals physically active during childhood, adolescence and adult age. **Arquivos brasileiros de cardiologia**, v. 97, n. 4, p. 317-323, 2011. ISSN 0066-782X.
- 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**, v. 4, n. 6, p. 653-669, 2012. ISSN 1984-6835.
- 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. ISSN 1661-5751.
- HARFOOT, C.; HAZLEWOOD, G. Lipid metabolism in the rumen. In: (Ed.). **The rumen microbial ecosystem**: Springer, 1997. p.382-426. ISBN 9401071497.
- HARGRAVE, K. M. et al. Influence of dietary conjugated linoleic acid and fat source on body fat and apoptosis in mice\*. **Obesity research**, v. 12, n. 9, p. 1435-1444, 2004. ISSN 1550-8528.
- HASLER, C. M. Functional foods: their role in disease prevention and health promotion. **Food technology-champaign then chicago-**, v. 52, p. 63-147, 1998. ISSN 0015-6639.
- 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.
- HERRERA, E. et al. Maternal lipid metabolism and placental lipid transfer. **Hormone Research in Paediatrics**, v. 65, n. Suppl. 3, p. 59-64, 2006. ISSN 1663-2826.
- HORNSTRA, G. Essential fatty acids in mothers and their neonates. **The American journal of clinical nutrition**, v. 71, n. 5, p. 1262s-1269s, 2000. ISSN 0002-9165.
- INNIS, S. M. Essential fatty acids in growth and development. **Progress in lipid research**, v. 30, n. 1, p. 39-103, 1991. ISSN 0163-7827.
- IP, C. et al. Conjugated linoleic acid isomers and mammary cancer prevention. **Nutrition and cancer**, v. 43, n. 1, p. 52-58, 2002. ISSN 0163-5581.
- 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**, v. 89, n. 5, p. 1425-1432, 2009. ISSN 0002-9165.
- JAVADI, M. et al. Effect of dietary conjugated linoleic acid on body composition and energy balance in broiler chickens. **British journal of nutrition**, v. 98, n. 06, p. 1152-1158, 2007. ISSN 1475-2662.
- 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**, v. 93, n. 5, p. 1202-1210, 2014. ISSN 0032-5791.
- KANG, K. et al. Trans-10, cis-12 CLA inhibits differentiation of 3T3-L1 adipocytes and decreases PPAR $\gamma$  expression. **Biochemical and biophysical research communications**, v. 303, n. 3, p. 795-799, 2003. ISSN 0006-291X.
- KENNEDY, A. et al. Antiobesity mechanisms of action of conjugated linoleic acid. **The Journal of nutritional biochemistry**, v. 21, n. 3, p. 171-179, 2010. ISSN 0955-2863. KRIS-

- ETHERTON, P. M. et al. Fish consumption, fish oil, omega-3 fatty acids, and cardiovascular disease. **circulation**, v. 106, n. 21, p. 2747-2757, 2002. ISSN 0009-7322.
- 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**, v. 45, n. 2, p. 190-194, 2003. ISSN 0163-5581.
- LEHNINGER, A. L. et al. **I principi di biochimica di Lehninger**. Zanichelli, 2014. ISBN 8808261484.
- LIN, Y. et al. Different effects of conjugated linoleic acid isomers on lipoprotein lipase activity in 3T3-L1 adipocytes. **The Journal of nutritional biochemistry**, v. 12, n. 3, p. 183-189, 2001. ISSN 0955-2863.
- LU, B. et al. A small ATPase protein of Arabidopsis, TGD3, involved in chloroplast lipid import. **Journal of Biological Chemistry**, v. 282, n. 49, p. 35945-35953, 2007. ISSN 0021-9258.
- 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. ISSN 0926-5287.
- MARTINEZ, M. Restoring the DHA levels in the brains of Zellweger patients. **Journal of Molecular Neuroscience**, v. 16, n. 2-3, p. 309-316, 2001. ISSN 0895-8696.
- MEDEIROS, S. et al. Effects of dietary supplementation of rumen-protected conjugated linoleic acid to grazing cows in early lactation. **Journal of dairy science**, v. 93, n. 3, p. 1126-1137, 2010. ISSN 0022-0302.
- MICHALIK, L.; WAHLI, W. Involvement of PPAR nuclear receptors in tissue injury and wound repair. **The Journal of clinical investigation**, v. 116, n. 3, p. 598-606, 2006. ISSN 0021-9738.
- 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**, v. 36, n. 1, p. 25-31, 2000. ISSN 0921-4488.
- MIRANDA, J. et al. cis-9, trans-11, cis-15 and cis-9, trans-13, cis-15 CLNA mixture activates PPAR $\alpha$  in HEK293 and reduces triacylglycerols in 3T3-L1 cells. **Lipids**, v. 46, n. 11, p. 1005-1012, 2011. ISSN 0024-4201.
- MORAES, F. P. ALIMENTOS FUNCIONAIS E NUTRACÊUTICOS: DEFINIÇÕES, LEGISLAÇÃO E BENEFÍCIOS À SAÚDE. **Revista Eletrônica de Farmácia**, v. 3, n. 2, 2007. ISSN 1808-0804.
- MUELLER, E. et al. Terminal differentiation of human breast cancer through PPAR $\gamma$ . **Molecular cell**, v. 1, n. 3, p. 465-470, 1998. ISSN 1097-2765.
- NAGAO, K.; YANAGITA, T. Conjugated fatty acids in food and their health benefits. **Journal of bioscience and bioengineering**, v. 100, n. 2, p. 152-157, 2005. ISSN 1389-1723.
- 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**, v. 97, n. 2, p. 273-280, 2007. ISSN 0007-1145.
- 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**, v. 60, n. 1, p. 169-178, 2008. ISSN 0102-0935.
- ORGANIZATION, W. H. Joint Consultation: fats and oils in human nutrition. **Nutr Rev**, v. 53, n. 7, p. 202-5, 1995.
- PARIZA, M. W.; HARGRAVES, W. A. A beef-derived mutagenesis modulator inhibits initiation of mouse epidermal tumors by 7, 12-dimethylbenz [a] anthracene. **Carcinogenesis**, v. 6, n. 4, p. 591-593, 1985. ISSN 0143-3334.
- PARIZA, M. W.; PARK, Y.; COOK, M. E. The biologically active isomers of conjugated linoleic acid. **Progress in lipid research**, v. 40, n. 4, p. 283-298, 2001. ISSN 0163-7827.
- 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**, v. 15, n. 4, p. 229-235, 2004. ISSN 0955-2863.
- PARK, Y. et al. Effect of conjugated linoleic acid on body composition in mice. **Lipids**, v. 32, n. 8, p. 853-858, 1997. ISSN 0024-4201.
- PARK, Y. et al. Evidence that the trans-10, cis-12 isomer of conjugated linoleic acid induces body composition changes in mice. **Lipids**, v. 34, n. 3, p. 235-241, 1999. ISSN 0024-4201.
- PEDRAZA, D. F. Padrões Alimentares: da teoria à prática—o caso do Brasil. **Revista virtual de humanidades**, v. 3, n. 9, 2004.
- PIOMELLI, D. Eicosanoids in synaptic transmission. **Critical reviews in neurobiology**, v. 8, n. 1-2, p. 65-83, 1993. ISSN 0892-0915.
- POPKIN, B. M. Nutritional patterns and

- transitions. **Population and development review**, p. 138-157, 1993. ISSN 0098-7921.
- RINGSEIS, R. et al. CLA isomers inhibit TNF $\alpha$ -induced eicosanoid release from human vascular smooth muscle cells via a PPAR $\gamma$  ligand-like action. **Biochimica et Biophysica Acta (BBA)-General Subjects**, v. 1760, n. 2, p. 290-300, 2006. ISSN 0304-4165.
- ROBERFROID, M. B. Functional foods: concepts and application to inulin and oligofructose. **British Journal of Nutrition**, v. 87, n. S2, p. S139-S143, 2002. ISSN 1475-2662.
- 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**, v. 50, n. 5, p. 1149-1157, 2001. ISSN 0012-1797.
- RYMER, C.; GIVENS, D. n- 3 fatty acid enrichment of edible tissue of poultry: a review. **Lipids**, v. 40, n. 2, p. 121-130, 2005. ISSN 0024-4201.
- SANDERS, T. A. Essential fatty acid requirements of vegetarians in pregnancy, lactation, and infancy. **The American journal of clinical nutrition**, v. 70, n. 3, p. 555s-559s, 1999. ISSN 0002-9165.
- 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**, v. 57, n. 3, p. 165-188, 2000. ISSN 0378-3782.
- SANZ, M. et al. Abdominal fat deposition and fatty acid synthesis are lower and  $\beta$ -oxidation is higher in broiler chickens fed diets containing unsaturated rather than saturated fat. **The Journal of nutrition**, v. 130, n. 12, p. 3034-3037, 2000. ISSN 0022-3166.
- SARRAF, P. et al. Loss-of-function mutations in PPAR $\gamma$  associated with human colon cancer. **Molecular cell**, v. 3, n. 6, p. 799-804, 1999. ISSN 1097-2765.
- SCHAFFER, J. E. Fatty acid transport: the roads taken. **American Journal of Physiology-Endocrinology And Metabolism**, v. 282, n. 2, p. E239-E246, 2002. ISSN 0193-1849.
- SCHMID, A. et al. Conjugated linoleic acid in meat and meat products: A review. **Meat Science**, v. 73, n. 1, p. 29-41, 2006. ISSN 0309-1740.
- 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**, v. 102, n. 6, p. 402-410, 2000. ISSN 1438-9312.
- SIMOPOULOS, A. P. Omega-6/omega-3 essential fatty acid ratio and chronic diseases. **Food Reviews International**, v. 20, n. 1, p. 77-90, 2004. ISSN 8755-9129.
- SIRRI, F. et al. Fatty acid composition and productive traits of broiler fed diets containing conjugated linoleic acid. **Poultry Science**, v. 82, n. 8, p. 1356-1361, 2003. ISSN 0032-5791.
- SISK, M. B. et al. Dietary conjugated linoleic acid reduces adiposity in lean but not obese Zucker rats. **The Journal of nutrition**, v. 131, n. 6, p. 1668-1674, 2001. ISSN 0022-3166.
- 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**, v. 25, n. 4, p. 387-399, 2005. ISSN 0271-5317.
- SUKSOMBAT, W.; BOONMEE, T.; LOUNGLAWAN, P. Effects of various levels of conjugated linoleic acid supplementation on fatty acid content and carcass composition of broilers. **Poultry science**, v. 86, n. 2, p. 318-324, 2007. ISSN 0032-5791.
- 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**, v. 85, n. 04, p. 465-473, 2001. ISSN 1475-2662.
- 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**, v. 133, n. 3, p. 395-404, 2002. ISSN 1096-4959.
- THOM, E.; WADSTEIN, J.; GUDMUNDSEN, O. Conjugated linoleic acid reduces body fat in healthy exercising humans. **Journal of International Medical Research**, v. 29, n. 5, p. 392-396, 2001. ISSN 0300-0605.
- TONHATI, H. et al. Milk fatty acid characterization and genetic parameter estimates for milk conjugated linoleic acid in buffaloes. **Journal of dairy research**, v. 78, n. 02, p. 178-183, 2011. ISSN 1469-7629.
- TONTONOZ, P.; SPIEGELMAN, B. M. Fat and beyond: the diverse biology of PPAR $\gamma$ . **Annu. Rev. Biochem.**, v. 77, p. 289-312, 2008. ISSN 0066-4154.
- 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**, v. 76, n. 4, p. 873-882, 2002. ISSN 0002-9165.
- WALLACE, R. J. et al. Isomers of conjugated linoleic acids are synthesized via different mechanisms in ruminal digesta and bacteria. **Journal of Lipid Research**, v. 48, n. 10, p. 2247-2254, 2007. ISSN 0022-2275.
- WALZEM, R. L. Functional foods. **Trends in Food Science & Technology**, v. 15, n. 11, p. 518, 2004. ISSN 0924-2244.
- WANDERLEY, F. A. et al. Differential responses of adiposity, inflammation and autonomic function to aerobic versus resistance training in older adults. **Experimental gerontology**, v. 48, n. 3, p. 326-333, 2013. ISSN 0531-5565.
- WANG, Y.; JONES, P. J. Conjugated linoleic acid and obesity control: efficacy and mechanisms. **International journal of obesity**, v. 28, n. 8, p. 941-955, 2004. ISSN 0307-0565.
- WATKINS, S. et al. Unsaturated fatty acids. **Food lipids: chemistry, nutrition, and biotechnology**, n. Ed. 2, p. 559-588, 2002. ISSN 0824707494.
- 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**, v. 275, n. 3, p. R667-R672, 1998. ISSN 0363-6119.
- YEHUDA, R. Post-traumatic stress disorder. **New England Journal of Medicine**, v. 346, n. 2, p. 108-114, 2002. ISSN 0028-4793.
- YOU DIM, K. A.; MARTIN, A.; JOSEPH, J. A. Essential fatty acids and the brain: possible health implications. **International Journal of Developmental Neuroscience**, v. 18, n. 4, p. 383-399, 2000. ISSN 0736-5748.
- YUAN, G.; CHEN, X.; LI, D. Modulation of peroxisome proliferator-activated receptor gamma (PPAR  $\gamma$ ) by conjugated fatty acid in obesity and inflammatory bowel disease. **Journal of agricultural and food chemistry**, v. 63, n. 7, p. 1883-1895, 2015. ISSN 0021-8561.
- ZAMBELL, K. L. et al. Conjugated linoleic acid supplementation in humans: effects on body composition and energy expenditure. **Lipids**, v. 35, n. 7, p. 777-782, 2000. ISSN 0024-4201.
- ZHANG, H. et al. Dietary conjugated linoleic acid improves antioxidant capacity in broiler chicks. **British poultry science**, v. 49, n. 2, p. 213-221, 2008. ISSN 0007-1668.
- ZHANG, H.; GUO, Y.; YUAN, J. Conjugated linoleic acid enhanced the immune function in broiler chicks. **British journal of nutrition**, v. 94, n. 05, p. 746-752, 2005. ISSN 1475-2662.